# Die Adamsbrücke und die kórallenriffe der ...

Johannes Walther



# Die Adamsbrücke

und die

# Korallenriffe der Palkstrafse.

**Sedimentstudien im tropischen Litoralgebiet**

von

**Dr. Johannes Walther,**

a. ö. Professor an der Universität Jena.

Mit einer Karte.

(ERGÄNZUNGSHEFT No. 102 ZU „PETERMANNS MITTEILUNGEN“.)

GOTHA: JUSTUS PERTHES.

1891.

# INHALT.



## KARTE:

Die Adamsbrücke und die Korallenriffe der Palkstrafse. Mafsstab: 1 : 1 500 000. — — Die Insel Raméswaram. Mafsstab: 1 : 100 000. — — 2 Profile.

## BERICHTIGUNG:

Auf Seite 6 ist ein Irrtum uncorrigiert geblieben; ich bitte Zeile 14 von unten bis 12 von unten zu streichen.

Die festländischen und litoralen Ablagerungen, welche in den Ländern der heifsen Zone gebildet werden, sind zwar in vielen Abhandlungen ausführlich behandelt oder gelegentlich beschrieben, allein eine kritische Würdigung dieser weitverstreuten Litteratur und eine Verwertung derselben für geologische Probleme ist nur demjenigen möglich, der mit eignen Augen das Tropenland gesehen hat.

Ich unternahm daher im Winter 1888/89, mit Unterstützung des Herrn Carl Rumpff, weiland Mitglied des preufsischen Hauses der Abgeordneten, eine Reise nach Indien, um mir diese Anschauung zu erwerben. Nachdem ich Nordindien von Radjputana bis zum Gangesdelta durchstreift und Sikkim besucht hatte, trat ich von Bombay aus eine Reise durch Südindien an. Bequeme Schnellzüge führen in 1½ Tagen nach Madras, dann schliefsen sich Sekundärbahnen bis nach Tuticorin aneinander.

Nachdem man in kühnen Windungen die Trappstufen der Western Ghats erstiegen hat, deren regelmäfsige Bankung viel eher an geschichtete Muschelkalke als an vulkanische Magma-Ergüsse erinnert, senkt sich die Bahn allmählich über die weite Hochebene von Dekhan. Der Blick schweift über Felder, in denen auf kleinen Türmchen Knaben mit der Schleuder die Vögel verscheuchen, und nur hier und da ragt eine isolierte Gneifsmasse aus der Ebene empor. Verfallene Bastionen und Mauern umziehen die gewaltigen steilen Felsen von Yatagiri und erinnern an jene Zeiten, wo Dekhan von vielen kleinen Fürsten beherrscht wurde.

Auch Tritchinopoli, die Hauptstadt des gleichnamigen Distrikts und Sitz eines Kollektors, ist erbaut am Fufse eines solchen Gneifsfelsens, der 60 m über die weite Ebene emporragt und nur auf steilen Stufen erstiegen werden kann. Ich unternahm von hier eine zehntägige Ochsenwagenreise durch das Kreidegebiet von Utatur und Arrialur; dann brachte mich die Bahn nach Mádura.

Die alte Königsstadt mit ihrer berühmten Minakschi-Pagode, deren 200 Fufs hohen Thortürme mit Hunderten von grellbemalten Götterfiguren verziert sind, birgt aufser diesem Tempel eine Fülle der herrlichsten Bauwerke, und nur ungern verliefs ich die interessante Stadt. Eine selten benutzte Ochsenwagenverbindung (mit öfterem Wechsel der Zugtiere) führt von Mádura auf schöner Landstrafse bis Ramnad. Die Strafse ist mit einem Lateritkonglomerat gut beschottert und wird von schönen Ficusbäumen überschattet, so dafs die 100 km lange Strecke in 1½ Tagen bequem zurückgelegt wird. Freilich von Ramnad aus, das in einer sandigen, sumpfbedeckten Ebene gelegen ist, wird der Weg sehr beschwerlich. Bald führt er durch tiefen Sand, bald durch übelriechende Moräste, und selten bietet sich in der heifsen, fieberschwangern Gegend ein Schutz vor den Strahlen der Sonne. Ein roter Dünenberg, jenem Zug von Teri-Sanden angehörig, welche vom Kap Comorin bis zur Palkstrafse die Küste begleiten, ist das einzig Bemerkenswerte in der Gegend.

Am 29. Januar erreichte ich die Küste, und als ich mich eben anschickte, mein Frühstück zu kochen, erschien ein Pilgerzug von 32 Ochsenwagen; es waren Brahminen von der Malabarküste, die mit Weibern und Kindern nach Ramésvaram pilgerten. Einige hatten

schon eine weite Pilgerreise hinter sich, denn sie brachten grofse runde Krüge, angefüllt mit Gangeswasser von Benares, um es am Lingam der Sita zu opfern und die Krüge dann mit dem gelben Seesand von Thani Kodi zu füllen, aus dem, der Sage nach, Sita ihren Lingam geknetet hatte.

Längs der Küste liefs sich eine 1—2 m hohe Terrasse von Sandstein verfolgen, welche durch das Meerwasser in tiefe Karrenfurchen zerfressen war.

Inzwischen war eine gröfsere Zahl von Booten von Paumben herübergekommen, um die Pilger für je 2 Anas überzusetzen. Auch ich akkordierte mit einem der Bootsführer, lohnte meine Wagenlenker ab, und bald segelten wir mit frischer Brise nach der heiligen Insel hinüber.

Vom Meere aus liefs sich die Küsten-Sandsteinbank weiter nach Süden verfolgen. Nach Thurston[1]) findet sich noch bei Kilakarai „ein sehr vollkommener Sandsteinwall; in dem denselben bedeckenden losen Sand sind neuerdings Kupfermünzen (römische, Chola, Pandyan, holländische, indofranzösische &c.) gefunden worden; man glaubt, dafs dies die Stelle einer alten Pandyan-City sei."

Die Überfahrt dauerte nur kurze Zeit; grofse Schmetterlinge (Papilio hector) flatterten in der Luft und begleiteten unser Boot bis zum sandigen Strand von Paumben, von wo ich meine Kisten durch Ochsenwagen nach dem nördlich des Ortes gelegenen Travellers Bungalow schaffen liefs. Das geräumige Haus, mit von Säulen getragenem, vorspringendem Dach, liegt inmitten eines grofsen Baumgartens hart am Ufer, etwa 9 m über dem Seespiegel; es gewährt einen weiten, schönen Blick auf die Palkstrafse und die gegenüberliegende flache indische Küste, aus der sich nur einige Palmgruppen, Tschattrams (Unterkunftshäuser für die Pilger) und Pagoden erheben. Bei Ebbe blicken die dunklen Felsklippen der Adamsbrücke aus dem Wasser heraus.

Ich blieb hier zehn Tage und durchstreifte die Insel und ihre Umgebungen, bis ein kleiner Segelschuner, von Carrical mit Reis beladen, auf der Fahrt nach Colombo in Paumben Anker warf und mich in sechsunddreifsigstündiger Fahrt nach Ceylon brachte.

Über einen Teil der in dieser Zeit angestellten Beobachtungen habe ich in den Verh. der Ges. f. Erdkunde, Berlin 1889, Nr. 7, kurzen Bericht erstattet. Im Folgenden will ich versuchen, in ausführlicherer Weise meine dort angestellten Untersuchungen vorzutragen.

## I. Geschichtliche Einleitung.

Wenn der Sinai eine hervorragende Rolle in der Religions- und Sagengeschichte des Abendlandes spielt, so hat die Adamsbrücke eine ähnliche Bedeutung für die indische Litteratur. Der Bau der Brücke ist eine der hervorragendsten Episoden in dem indischen Epos Ramáyana und ist von hier vielfältig übernommen und weiter bearbeitet worden[2]).

Als Rama (eine Personifikation des Arierstammes) auf seinem Siegeszug gegen Rávana nach dem schmalen Meeresarm gelangte, welcher Lanka (d. i. Ceylon) von Südindien trennt, und keine Möglichkeit sah, über das Meer hinüberzukommen, da erbot sich der Affenkönig durch seinen Feldherrn Hanuman, eine Brücke bauen zu lassen; dann fährt der Dichter Valmiki nach der Übersetzung von Griffith[3]) fort:

> He spoke: and swift at Rama's hest
> Up sprang the Vánars from their rest,
> The mandate of the king obeyed

[1]) Notes on the Pearl and Chank fisheries. Madras 1890, S. 58.

[2]) Nach freundlicher Mitteilung von Professor Capeller sind die Epen Ramáyana und Setubanda in den ersten Jahrhunderten unsrer Zeitrechnung entstanden. Die Zeit ihrer Abfassung läfst sich nicht genauer angeben und es ist immerhin möglich, dafs die Vorstellungen, welche ihnen zu Grunde liegen, viel älter sind.

[3]) The Ramayan of Valmiki. London 1874. Book VI, Canto XXII,

And sought the forest's mighty shade.
Unrooted trees to earth they threw,
And to the sea the timber drew.
The stately palm was bowed and bent
Asókas from the ground were rent,
And towering Sàls and light bamboos
And trees with flowers of varied hues,
With loveliest creepers weathered and crowned,
Shook, reeled, and fell upon the ground.
With mighty engines piles of stone
And seated hills were overthrown:
Unprisoned waters sprang on high,
In rain descending from the sky:
And ocean with a roar and swell
Heaved widely when the mountains fell.
Then the great bridge of wonderous strength
Was built a hundred leagues in length.
Rocks huge as autumn clouds bound fast
With cordage from the shore were cast,
And fragments of each riven hill,
And trees whose flowers adorned them still
Wild was the tumult, loud the din
As ponderous rocks went thoundering in.
Ere set of sun, so toiled each crew,
Ten leagues and four the structure grew;
The labours of the second day
Gave twenty more of ready way,
And on the fifth, when sank the sun,
The whole stupendous work was done.

Viel ausführlicher wird der Brückenbau erzählt in dem Epos Setubanda (d. i. der Bau der Brücke)[1]), und während nach der Schilderung des Ramáyana wesentlich Bäume zum Bau der Brücke verwandt werden, so wird in Setubanda mehr Gewicht auf die Verwendung von Felsstücken gelegt; es heifst hier Kap. VI, Vers 40, 46, 53:

Sie entwurzelten Berge, welche, halb herausgerissen, locker sind; nachdem sie dieselben, um sie auf die Schultern zu laden, festgefafst haben, und indem sie aus Furcht vor dem Herabfallen der Gipfel die Köpfe emporrecken, schiefbiegen und abwenden. . . .

Nach langer Zeit erst verklingt der am Himmel haftende Lärm des plötzlich zerbrochenen Berges, tief wie der Ton einer wassergefüllten Wolke, die Armkraft der Affen verkündend. . . .

Nach welcher Seite die Berge, von den Armen der Affen geschüttelt, sich neigen, nach der wenden sich auch die Strömungen der Bäche, rot von den abgespülten Mineralien. . . .

Als überall sämtliche Berge herausgerissen werden, da scheint dadurch die Erde in einem Augenblick verschwunden zu sein

Im folgenden Kapitel VII wird der Bau geschildert, Vers 6, 7:

Von den Affen werden Berge gehoben, das Meer erschüttert, den Feinden Furcht erregt: denn bei Hochstrebenden ist nicht nur der Wille gewaltig, sondern auch die Thaten.

So oft man einen Berg sieht, denkt man, durch den wird das Meer gefesselt; wenn die Berge aber erst ins Meer fallen, weifs man nicht, wohin sie gekommen sind.

Als dann die Brücke vollendet ist, heifst es Kapitel VIII, Vers 7, 11, 82, 95:

Auf dem Rücken des Meeres zeigt sich, rot wie die schwindende Dämmerung, dahinschwindende Färbung von aufgelösten Mineralien; . . .

Es kommen zum Vorschein Sandbank-Wege, langgestreckt und weifs, den Rücken gefurcht von dem zur Ruhe zurückkehrenden Wasser. . . .

Als die Brücke begonnen wird, ist das Meer ganz, als sie sich etwas erhebt, ungleichmäfsig in drei Teile geteilt; und da sie vollendet ist, zweiteilig: so ist dasselbe Meer immer wieder ein andres.

Die aus dem östlichen resp. westlichen Meere stammenden Wassertiere, welche, um zu sehen, das westliche resp. östliche Meer besucht haben, sehen, da ihr Weg von der Brücke gesperrt ist, ihre Heimat nicht wieder.

Ein Teil dieser Schilderung beruht auf ungemein treffenden Beobachtungen des Dichters, dem die rote Farbe der Bäche in einem Lateritgebiet ebensowenig entgangen ist, wie die tiergeographische Folge, welche die Entstehung der Sandbank haben mufste.

Während diese Schilderungen des Brückenbaues aber vielfach mit mythischen Elementen durchsetzt sind und nur zum Teil den Charakter eines historischen Berichtes tragen, wird im Tempel zu Ramésvaram eine Schrift aus dem Jahre 1480 aufbewahrt[2]), welche für die

---

[1]) Ravanavaha oder Setubanda. Prakrt und deutsch herausgegeben von Siegfried Goldschmidt. Strafsburg 1884. 2. Lieferung.

[2]) Imperial Gazetteer of India. Bd. XI, S. 22.

weitern Schicksale der Adamsbrücke von grofsem Interesse ist. Nach den Angaben von Major Sim[1]) ist der Inhalt derselben folgender:

„In der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts hing die Insel Ramésvaram mit dem Kontinent durch eine schmale Landzunge zusammen, und der Sawmy (Götzenwagen) von Ramésvaram wurde an besondern Festtagen dreimal des Jahres hinüber nach dem Festland gefahren. Unter Achoodapah Naig Radjah von Mádura, gegen das Jahr 1480, wurde durch einen heftigen Sturm eine kleine Bresche in die Landbrücke gebrochen, aber da das Wasser nicht tief war, wanderten die Pilger nach wie vor zu Fufs nach der Insel, bis zu der Zeit, wo unter seinem Nachfolger Vessoovanada Naig durch einen zweiten Sturm die Bresche vergröfsert wurde. Die Öffnung wurde ausgefüllt, um den Besuch der Pilger in der Pagode von Ramésvaram zu erleichtern, und diese Reparatur hielt zehn Jahre, bis ein dritter Sturm die Bresche sehr erweiterte, worauf man nicht wieder versuchte, die Lücke zu ergänzen.

Seit jener Zeit hat jeder folgende Sturm den Damm aufs neue unterwühlt und zerstört, und die Eingebornen glauben, dafs seine Zerstörung im Vorschreiten ist und dafs fünfzehn oder zwanzig Jahre schon eine merkliche Veränderung bewirken. Sie bemerken, dafs innerhalb dieser Periode ein Sturm vorkommt und jedesmal ein Stück des Felsens abreifst[2])."

Seitdem nahm aber der Zuzug von Pilgern nicht ab. Tausende opferten alljährlich an dem Lingam der Sita und des Hanuman, Tausende badeten bei Thani Kodi. Nächst Benares war der Tempel in Ramésvaram das gröfste Heiligtum der Inder, und Lord Valencia erzählt in seiner Reisebeschreibung[3]), dafs er nur aus der Ferne bei Fackelschein in die heilige Pagode blicken durfte.

Erst im Anfang dieses Jahrhunderts zog die Adamsbrücke das Interesse der Engländer auf sich, als es sich darum handelte, einen kürzern Weg für die Schiffe von der Westküste Indiens nach der Ostküste zu finden. Der grofse Umweg, den die Schiffe um Ceylon machen mufsten, sollte erspart werden, indem man eine Passage durch die Meeresstrafse suchte (welche nach ihrem ersten Entdecker, dem holländischen Kolonialbeamten Palk, benannt ist).

Eine holländische Flotte sollte einmal die Klippenreihe, welche das Meer der Palkstrafse erfüllt, ohne Verlust überschritten haben, und so sandte die englische Verwaltung 1822 Ensign Cotton, später Major Sim aus, um eine genaue nautische Vermessung der Palkstrafse mit Rücksicht auf die Passagen vorzunehmen. Die Berichte beider Untersuchungen sind im Journal of the Royal Geographical Society of London 1834 abgedruckt und werden bei der folgenden Beschreibung im einzelnen Berücksichtigung finden.

Auf diesen Berichten fufst Ritters Urteil[4]) über die Adamsbrücke: „Die Lager derselben, wie durch Kunst aufgebaut, aber zerrüttet, deuten auf den ehemaligen Zusammenhang der Insel mit dem Kontinente hin. Die Trennung scheint durch Meeresfluten bewirkt zu sein, welche, von Stürmen gepeitscht, die Felslücken durchrissen, dann aber durch nachfolgenden unterminierenden Wellenschlag und Verschiebungen." Seitdem ist die Adamsbrücke vielfach erwähnt, aber, so weit meine Kenntnis reicht, viele Jahrzehnte lang nicht

[1]) Journ. of the R. Geogr. Soc. London 1834, S. 11.

[2]) Eine interessante Sage, die M. Reidy von den Fischern auf Ramésvaram hörte, behandelt die Zerstörung der Adamsbrücke und die Abtrennung der Insel Ramésvaram von Indien. Nach dieser Sage kamen täglich die Rinder von Indien über die Brücke nach Ramésvaram, um dort zu grasen. Als eines Tages wieder eine grofse Schar von Rindern auf Ramésvaram weidete, erfolgte der Durchbruch durch die Landverbindung, und die Rinder waren auf der Insel isoliert. Nachdem sie alle Pflanzen der Insel abgeweidet hatten, begannen sie, um ihren Hunger zu stillen, endlich auch Seegras zu fressen. Sie gewöhnten sich allmählich an die neue Nahrung, wurden dabei immer fischähnlicher und schliefslich waren sie vollkommen in Fische verwandelt.

Diese Sage knüpft an die entfernt einem Ochsen ähnelnde Gestalt des Ostracion (Kofferfisch) an, welcher auf den Korallenriffen des Indischen Oaeans weitverbreitet gefunden wird.

[3]) G. Vic. Valencia Trav. London 1809, I, 7, S. 338 f.

[4]) Ritter, Erdkunde, Bd. VI, S. 155.

wieder untersucht worden. Sie wird vom nautischen Standpunkt beschrieben in The West Coast of Hindustan Pilot, London 1880, S. 61, und The Bay of Bengal Pilot, London 1887, S. 86. Die hierin enthaltenen Angaben sind ebenfalls bei der folgenden Beschreibung mit verwertet.

Auch die Beschreibung in The Indian Gazetteer fufst auf den angegebenen Berichten und enthält nichts Neues.

Dagegen spielt die Adamsbrücke eine nicht unbedeutende Rolle in den tiergeographischen Betrachtungen und den Erörterungen, die sich an die Existenz von Lemuria knüpfen. Wie schon früh erkannt wurde, ist „die Insel [1]) Ceylon durch so auffallende Eigentümlichkeiten in ihren Tierprodukten charakterisiert, dafs es notwendig ist, sie von Vorderindien als Subregion abzutrennen; aber man findet, dafs die meisten dieser speziellen Charakterzüge sich bis an die Nilghirries und den ganzen südlichen bergigen Teil Indiens hin erstrecken, und dafs die beiden in eine geographische Provinz vereinigt werden müssen. Durch ihre Reptilien ist sie besonders klar charakterisiert. Unter den Schlangen besitzt sie eine ganze Familie, Uropeltidae, die aus fünf Gattungen und achtzehn Arten besteht und ganz auf sie beschränkt ist. Rinophis und Uropeltis auf Ceylon, Silybura, Plecturus und Melanophidium in Süd-Indien. In der Familie Acontiadae ist Nessia Ceylon eigentümlich.

Die Gattungen der Amphibien, welche hier vorkommen, sind im allgemeinen von weiter Verbreitung, aber Nannophrys, Haplobatrachus und Cacopus sind auf die Subregion beschränkt, während Megalophrys malayisch ist und die Art, welche auf Ceylon gefunden wird, noch Java bewohnt.

Die Insekten Ceylons bieten uns auch einige sonderbare Beispiele der Unterschiedlichkeit von Hindostan und der Verwandtschaft mit Malaya. Unter den Schmetterlingen finden wir Papilio Jophon, eng mit P. Anthiphus von Malaya verwandt. Die bemerkenswerte Gattung Hestia, so charakteristisch für den Malayischen Archipel, kommt nur auf den Bergen Ceylons vor; während die ceylonesischen Cynthia und Parthenos nahe verwandt, wenn nicht identisch mit malayischen Arten sind. Unter Coleoptera haben wir noch auffallendere Beispiele. Die höchst charakteristische malayische Gattung Tricondyla wird auf Ceylon durch nicht weniger als zehn Arten repräsentiert, und unter den Longicornia finden wir die Gattungen Tetraommatus, Thranius, Cacia, Praonetha, Ropica und Scrixia, alle ausschliefslich malayisch oder nur gerade die indo-chinesische Halbinsel betretend, aber alle auf Ceylon repräsentiert, während nicht eine einzige Art in irgend einem Teile Indiens oder auf dem Himalaya vorkommt.“

Auch die Landmollusken Ceylons geben merkwürdige Fingerzeige über eine diskontinuierliche Verbindung mit der indischen Halbinsel [2]).

Diese Thatsachen zeigen also, dafs Ceylon zwar manche Tiere mit Süd-Indien gemeinsam hat, aber trotz der klimatischen und geologischen Ähnlichkeit und trotz der grofsen geographischen Nähe sich durch andre Gattungen und Arten von Süd-Indien scharf unterscheidet, und dafs die Lösung dieses Rätsels in der geologischen Geschichte der Adamsbrücke vielleicht zu finden sei.

Während die obengenannten englischen Autoren Cotton und Sim in den Bewegungen der Wandersände die Ursache der Bildung und der Zerstörung der Adamsbrücke finden, und auch Ritter (s. oben) diese Meinung im wesentlichen vertritt, wurde von Jarz [3]) der Versuch

[1]) Wallace, Geographische Verbreitung der Tiere; übersetzt von Meyer, Dresden. Bd. I, S. 381.

[2]) Les mollusques de Ceylon sont très différents de ceux de la péninsule indienne. Il n'est pas étonnant que quelques naturalistes aient proposé la création d'une région distincte pour cette île. Cependant on a découvert au sud de l'Inde, notamment dans l'État de Travancore, quelques formes très voisines de celles de Ceylon. Telles sont: Cataulus Calcadensis. C. eurytrema, Paludomus rotunda, Helis (Corilla) ana &c., elles sont mélangées à des types spéciaux à cette région géographique continentale: Mychopoma hirsutum, Ditropis planorbis, Beddomei, convexus. (Fischer, Manuel de Conchyliologie, Paris, S. 236.)

[3]) Mitteilungen der K. K. Geogr. Gesellsch. Wien 1879, S. 267.

gemacht, die betreffenden Erscheinungen in einer Weise zu erklären, die sich mehr an die neuern Anschauungen über die Bewegungen des Meeresspiegels, unabhängig von Bewegungen des Festen, anschliefsen.

Anknüpfend an die von Ritter vertretene Ansicht schreibt Jarz: „Wenn ich nun von andrer Seite darauf die Bemerkung finde, dafs auf solche „fromme Märchen" nichts zu geben sei, und dafs Ceylon niemals mit dem Festlande verbunden gewesen sein konnte, weil die Insel ein ganz eigentümliches, vom vorderindischen Festlande verschiedenes Tier- und Pflanzenleben aufweise, so ist das unrichtig. Erstens weist Ceylon nicht blofs endemische Arten der Flora und Fauna auf, sondern es zeigt viel Übereinstimmung seiner Tier- und Pflanzenarten mit jenen Vorderindiens resp. Dekhans; und wenn zweitens Wallace, Lyell, Geoffroy u. a. aus dem Vorkommen einiger endemischer Arten schliefsen, Ceylon könne niemals mit Vorderindien landfest gewesen sein, so ist dieser Schlufs wenigstens sehr problematisch. . . . Der historische Geograph betrachtet die grofsen Nationalepen aller Völker mit ganz andern Augen, als der Naturhistoriker oder gar der Philolog. In jedem Volksepos liegt ein historischer Kern verborgen, der, von spätern Zusätzen und dem Beiwerke der Phantasie losgelöst, dem kritischen Forscher als Wahrheit erscheint. Da nun den historischen Inhalt des Ramâyana das Vordringen der Arier von Hindustan nach Dekhan bildet, also die successive Unterwerfung der Ureinwohner, so liegt darin nichts Absonderliches, wenn wir hören, dafs Rama, die Personifikation des Ariertums, von dem „Affenkönig" Sugriva ein Hilfsheer von Affen erhalten habe, um mit diesem das reiche Land Lanka, d. i. Ceylon, zu erobern, und dafs der „Affenfeldherr" Hanuman über die Adamsbrücke nach dieser Insel gezogen sei; in diesen Affen sind eben die als sehr häfslich beschriebenen Ureinwohner, und in dem „Affenkönig" ein von den Ariern bereits unterworfener und ihnen verbündeter Häuptling zu erblicken [1]). Die Frage stellt sich vielmehr so: In welche Zeit fällt die Eroberung Ceylons durch die Arier, und liegt eine Möglichkeit oder gar Wahrscheinlichkeit vor, dafs die jetzige Insel damals landfest gewesen sein konnte?"

Jarz bringt dann weiter (S. 269) Beweise dafür, „dafs der Zug Ramas über die Adamsbrücke auf das Jahr 2000 v. Chr. zu setzen sei, und bringt diese Annahme mit der Schmickschen Theorie von der Umsetzung der Meere in einen Zusammenhang und erhält nach Anwendung einer ihm nötig erscheinenden Korrektur der Schmickschen Zeitkurve für das Maximum der Temperatur und das Minimum des Wassers auf der südlichen Halbkugel das Jahr 3000 v. Chr. und später. Die Gleichzeitigkeit des Zuges nach Lanka und der negativen Strandverschiebung auf der südlichen Hemisphäre scheint für Jarz so offenkundig, dafs er S. 270 sagt: Es ist geradezu evident, dafs zu jener Zeit Ceylon landfest war und der Zug des Hanuman über die Adamsbrücke durchaus kein ‚frommes Märchen' zu sein braucht."

Aus alledem scheint hervorzugehen, dafs Jarz annimmt, Ceylon liege auf der südlichen Halbkugel, während das in Rede stehende Gebiet der Adamsbrücke unter 9° N. Br. gelegen ist.

Eine eingehende geologische Schilderung unsers Gebiets findet sich in Foote's Abhandlung [2]) über die Geologie von Südindien. „Die Hebung, welche Ramésvaram erlitt, beeinflufste unzweifelhaft auch das nahe Festland und entblöfste die Sandsteinterrasse, welche wie ein künstlicher Quai die Küste säumt. Es ist unmöglich, den Gedanken abzuweisen,

[1]) Von den andern in Ceylon lebenden Rassen sind Weddahs auf den ersten Blick zu unterscheiden; körperlich und geistig stehen sie unter ihnen entschieden am niedrigsten da, und so kann kein Zweifel bestehen, dafs wir in den Weddahs die Reste jener Waldvölker vor uns haben, welche die einwandernden Singhalesen als Teufel bezeichneten, während sie in den indischen Sagen als die Affen von Ceylon eine Rolle spielen. Die Einwanderung der Arier aus dem Gangesthale unter Führung des Wijayo erfolgte 543 v. Chr. (Sarasin, Reisen und Beobachtungen auf Ceylon. Verh. der Ges. f. Erdkunde, Berlin 1887, S. 217.)

[2]) Geology of Madura and Tinnevelly Districts; Mem. of the Geol. Surv. of India, Bd. XX, Teil I, S. 73.

dafs es diese Hebung war, welche dies Gebilde schuf, das den Hindu als Ramabrücke, den Mohammedanern und Christen als Adamsbrücke bekannt ist, jene lange, schmale Landenge, welche einst Ceylon mit Indien verband. Sobald das alte Riff trockengelegt wurde, hielt es die Strömungen auf; die Brandung und der Wind türmten die Sanddünen empor, welche jetzt in solcher Mächtigkeit sowohl die Insel Ramésvaram wie die Halbinsel Toniturei an der Westseite der Pambanstrafse bedecken."

Mehrere Jahre hindurch hat sodann E. Thurston die Fauna des Golfs von Manaar studiert und seine Beobachtungen in: Notes on the Pearl and Chank Fisheries and Marine Fauna of the Gulf of Manaar, Madras 1890, niedergelegt. Ich werde mehrfach Gelegenheit haben, auf diese Abhandlung mich zu beziehen.

Auch hat Suefs[1]) im Anschlufs an ein Referat aus Ramáyana das Problem diskutiert, ob die Beobachtungen über die Adamsbrücke und die historischen Grundlagen der indischen Sage als eine Strandverschiebung gedeutet werden könnten, und kommt zu dem Schlufs: „Es mag vielleicht wirklich einmal eine Verbindung vorhanden gewesen sein, welche dann durch eine der gewaltigen Sturmfluten des indischen Meeres zerrissen wurde, aber auch in diesem Falle ergibt sich keinerlei Schlufs auf eine Veränderung der Höhe des Strandes. An die Nordseite des Bogens hat sich ein breiter Streifen von jungem Schwemmlande vom Festlande her gelagert. Es ist soviel Sand an dieser Küste vorhanden, dafs sie weithin von Sandhügeln bedeckt ist. Auf diesem jungen Schwemmlande erstickt der ansehnliche Flufs Vygah völlig in seinen eignen Sinkstoffen, in dem herbeigetragenen Sande, und er tritt erst in der Nähe des Meeres wieder zu tage. Auch die Stadt Ramnad steht auf demselben Streifen von Schwemmland. Dieser ist offenbar jünger als der westliche Teil der Nehrung zwischem dem Festlande und der Insel Ramésvaram. Die negative Bewegung, welche die Korallen von Ramésvaram, zugleich jene von Ceylon trockenlegte, hat aber vielleicht zu noch früherer Zeit begonnen, als der Bau der heutigen Nehrung."

Wie man sieht, unterscheiden sich die Ansichten von Sim, Ritter, Jarz, Foote und Suefs nicht unwesentlich von einander, und unsre Aufgabe soll es sein, an der Hand der Thatsachen das Problem zu entscheiden, wodurch die Adamsbrücke gebaut, wodurch sie zerstört worden ist, und in welchem Zusammenhang mit andern Erscheinungen dieses Phänomen gestanden hat.

## II. Beschreibung der Adamsbrücke.

Die Ostküste von Indien verläuft vom Kap Comorin bis Chittagong in einer regelmäfsig gebogenen Linie, und man erkennt beim Betrachten jeder Karte leicht, dafs bestimmte Unregelmäfsigkeiten dieses Küstenverlaufs sekundärer Natur sind. Und wenn man bedenkt, dafs nach F. H. Rundall[2]) „die bemerkenswerteste Erscheinung in dem Flufssystem der Halbinsel ihre 4 grofsen Deltaströme sind, welche $^5/_6$ des ganzen Gebietes entwässern," so wird es verständlich, dafs die Delta dieser mächtigen Flufssysteme so charakteristisch in der Küstenlinie erscheinen.

Um so auffallender ist es daher zu beobachten, dafs an einem Ort, an welchem keine gröfsere Flufsmündung zu erkennen ist, nämlich dem Nordende von Ceylon gegenüber, zwei Landzungen scharf zugespitzt aus der Küstenlinie heraustreten.

Sie umgrenzen das Gebiet der Palkstrafse. Nach Norden ist es Point Calimene (79° 51′ Ö. L., 10° 18′ N. Br.), nach Süden Point Toniturei (79° 10′ Ö. L., 9° 17′ N. Br.).

Beiden Landzungen entsprechend, sendet die Insel Ceylon ebenfalls zwei Arme westwärts, nämlich nach Norden die Halbinsel von Jaffnapatam, nach Süden die durch einen schmalen Kanal von Ceylon getrennte Insel Manaar.

[1]) Antlitz der Erde, II, S. 646.
[2]) The river systems of South India. Proc. Geogr. Soc. London 1886, S. 686.

Der dadurch umgrenzte Meeresteil zeigt durchgängig geringe Wassertiefen, und von den Hunderten von Lotungszahlen, welche die engl. Admiralitätskarte Nr. 68 A angibt, ist keine, die über 8 Faden (15 m) hinabreicht, und 6 Faden (11 m) kann als die durchschnittliche Tiefe betrachtet werden.

Zwischen den obengenannten 4 Landzungen Südindiens bzw. Ceylons sind submarine Klippenzüge vorhanden, welche die untermeerische Fortsetzung der festländischen Landzungen bilden und dadurch das Meeresgebiet der Palkstrafse gegen den Meerbusen von Bengalen nach Norden und den Golf von Manaar nach Süden deutlich begrenzen.

Zwischen Point Calimene und der Halbinsel von Jaffnapatam findet sich eine Reihe von ungefähr 12 Untiefen, welche 3—1 Faden ($5\frac{1}{2}$—2 m) Wasser über sich haben und durch schmale Kanäle von 3—7 Faden ($5\frac{1}{2}$—13 m) getrennt werden.

Zwischen Point Toniturei und Manaar findet sich eine ganz ähnliche Verbindung, nur ragen die Klippen derselben auch bei Flut über den Meeresspiegel heraus. Diese Klippenreihe ist die Adamsbrücke oder The Great Dam. Ehe wir auf die spezielleren Eigentümlichkeiten des Baus und der Struktur eingehen können, wollen wir das topographische Bild derselben besprechen. (Die genauere Behandlung der in die Klippenreihe eingeschalteten Insel Ramésvaram wird in einem gesonderten Abschnitt folgen).

Auf der von mir gewählten Reiselinie von Madura nach Ramésvaram trifft man bei Maunamadura zum letztenmal anstehendes Gestein; es ist das Südende eines schmalen Gneifsbandes, welches nach der Karte von Foote[1]) von Sivagunga bis Maunamadura südlich zieht und eine breite Lateritpartie nach Westen begrenzt. Foote beschreibt sie in seiner Abhandlung[2]) folgendermafsen: „Der Sivagung-Lateritzug ist der gröfste, den wir zu beschreiben haben. Die harten Konglomeratdecken, überall häufig mit Ausnahme an der äufsersten Ostkante, wo ein Band von 2—3 miles Sand vorherrscht, sind weniger ausgedehnt und meist bedeckt mit dickem red soil (rote Erde)."

„Das Lateritkonglomerat liegt diskordant auf der erodierten Oberfläche eines alten sandigen Konglomerats. Das Lateritgestein erreicht eine Mächtigkeit von vollen 10 Fufs und enthält viel wohlgerundete Massen von körnigem Quarzfels."

Diese Lateritpartie darf als das schuttbedeckte Vorland des Gneifsberglandes betrachtet werden, denn von Chocheday bis zum Meer breitet sich ein sandbedecktes Flachland aus, welches als Litoralgebiet bezeichnet werden mufs und einen allmählichen Übergang bildet zu den Sandklippen der Adamsbrücke.

Die Landzunge, welche bei Point Toniturei endet, ist flach und sandig, so dafs die wenigen Palmen und einige Pilgerrasthäuser (Chattrams) weithin sichtbar sind.

Von Pillaymuddum auf der Nordküste der Landzunge bis Kilakari auf der Südseite läfst sich eine Sandsteinterrasse rings um die Landzunge verfolgen, deren durch die Brandung erzeugter Steilrand gegen das Meer 1—2 m hoch ist und als der Anfang jener Klippenreihe betrachtet werden darf, welche als Adamsbrücke im Meere weiterverfolgt werden kann.

Im September 1822 machte Ingenieur Ensign Cotton seinen Bericht an Kapt. Fullerton, der folgende Angaben enthält: „Die ganze Länge des Dammes von Paumben im Osten nach Point Ramen im Westen ist 2250 Klafter oder etwa $1\frac{1}{4}$ mile. Am Ostende sind die Felsen auf 300 Klafter 2—3 Fufs über Wasser. Der Felsen an dieser Seite macht ganz den Eindruck, als ob er künstlich aufgeschichtet sei, doch sind die Blöcke sehr grofs, einige 10—20 Tonnen. Von 300—800 Klafter (vom Ostende aus) erscheinen keine Felsen über Wasser, doch sind sie meist nahe dem Wasserspiegel. Die Boote passieren die Felsenreihe in einer mittlern Öffnung, welche nahezu 35 Klafter breit ist und bei Flut $6\frac{1}{2}$ Fufs,

---

[1]) Foote, Geological map of the eastern parts of the Madura and Tinevelly Districts 1883.
[2]) Foote, Geology of Madura and Tinevelly Districts, S. 48. Mém. Geol. Surv. of India, XX, Teil 1.

bei Ebbe 4 Fuſs (1,3 m) Wasser hat. Von dieser Öffnung nach dem Westende zu erscheinen die Felsen beständig über Wasser, zuerst in unregelmäſsig verteilten Massen, dann in einer ununterbrochenen Klippe 5—6 Fuſs (1,5—2 m) über Wasser. Ungefähr 350 m von der Hauptöffnung ist ein kleiner Kanal, welcher aber nicht von Booten benutzt wird. Hier ist der Damm augenscheinlich von natürlichen Felsen gebildet, die vollkommen in Zerfall sind und sich wesentlich unterscheiden von den Felsen des Ostendes. Die Eingebornen sagen, daſs das Ostende des Dammes künstlich ist, einst von Küste zu Küste reichte, aber durch die Kraft der Wogen zerbrochen wurde, so daſs der umgebende Meeresboden in seinen Untiefen von den Bruchstücken gebildet wird."

Der Klippenzug zwischen Pt. Tonituréi und Ramésvaram wird also nur zweimal unterbrochen. Zuerst 300 m westlich der indischen Küste durch den von Sim erwähnten Kanal: Als ich in einem Canu während des NO.-Monsuns diese schmale Passage befuhr, war die nach Süden gerichtete Strömung des Meeres so stark wie die eines reiſsenden Flusses, so daſs meine 9 Taucher und Ruderer, bis zu den Schultern im Wasser, nur mit groſser Mühe das Canu an den Felsen vorwärts schieben konnten.

Der eigentliche Paumben-Paſs, ein künstlich vertiefter Schiffahrtskanal, ist 1234 m lang, 23—48 m breit und 3—4 m tief. Sein gewundener Lauf ist durch Bojen und Stangen bezeichnet und wird von Segelbooten bei gutem Wetter ohne Gefahr passiert. Auch das kleine Dampfschiff Lady Gordon, welches monatlich die Insel Ceylon umfährt, benutzt diesen Kanal.

Der Klippenzug endet nahe dem Orte Paumben an der Küste der Insel Ramésvaram, die in ihrer ganzen Länge (24 km) bis Thani Kodi als eine Fortsetzung der Adamsbrücke betrachtet werden darf und im nächsten Abschnitt beschrieben werden soll.

Zwischen Thani Kodi und der Insel Manaar an der ceylonischen Küste wird die Adamsbrücke aus einer sandigen Untiefe gebildet, über der sich die Wellen fast stets brechen, so daſs man bei der Fahrt längs derselben ein weiſses Schaumband fast ununterbrochen verfolgen kann. Einzelne Klippen ragen über Wasser heraus, deren die englische Seekarte etwa 20 angibt, von teils langgestreckter, teils halbmondförmig gekrümmter Gestalt. Wenn die Adamsbrücke von Pt. Tonituréi bis Thani Kodi einen nach Süden offenen Bogen bildete, so reihen sich die eben erwähnten Klippen zu einem nach Norden concaven Bogen aneinander, die nach Osten folgende Insel Manaar ist wieder südwärts gekrümmt. Die letzte der Klippen ist eine langgestreckte, schmale Nehrung, welche sich an diese Insel anlegt.

Die Insel Manaar ist von Ceylon durch einen engen Kanal getrennt, der an einigen Stellen 5 m tief ist; im übrigen schlieſst sie sich so eng an die Form der Küste von Ceylon an, daſs man sie mit einem gewissen Recht als eine Halbinsel betrachten darf. Manaar ist sandig und niedrig; nur die Südküste wird durch Sanddünen begrenzt.

Überblicken wir die Adamsbrücke als Ganzes, so sehen wir eine bald aus lockerem, bald aus verkittetem Sande aufgebaute Hügelkette, welche nur an wenigen Stellen vom Meer überflutet wird, und die bei einer negativen Strandverschiebung von nur 5 m sofort als kontinuierliche Landbrücke Indien mit Ceylon verbinden würde.

Major Sim berichtet: „Die Bank der Adamsbrücke ist ein sehr sonderbares Gebilde. Sie ist ungefähr $^1/_4$ Mile (400 m) breit und besteht ausschlieſslich aus Sand, teils über, teilweise unter Wasser; augenscheinlich zusammengetrieben durch die Brandung und Strömungen und, soweit man entscheiden kann, ohne Felsengrund. Das Ostende wurde durch Offiziere aus Ceylon aufgeschlossen, doch fand man 40 Fuſs (12 m) tief nur Sand. An jeder Seite der Bank in einer Breite von $2\frac{1}{2}$ oder 3 Miles (4—5 km) ist die See 6 Faden (11 m) tief und ganz frei von Einengungen irgendwelcher Art. Drei Hauptkanäle durchbrechen die Bank: einer nahe der Insel Manaar, die Tal Manar Passage, der zweite 8 Miles (13 km) weiter nach Westen, und der dritte etwa 11 Miles (21 km) von der Insel Ramés-

varam, die Thani Kodi Passage. Diese letztere wurde kürzlich untersucht. Sie ist eng in der Mitte und 30 Fufs (9 m) tief, mit breiten gebogenen Bänken an ihren beiden Enden, wo das Wasser nur 5 oder 6 Fufs ($1\frac{1}{2}$—2 m) tief steht.

Die Bank ist zwischen hier und Ramésvaram ununterbrochen und mehrere Fufs über Wasser. Die Tal Manar Passage wurde durch die Offiziere von Ceylon untersucht und gleicht der von Thani Kodi vollkommen, nur dafs sie nicht so tief ist, da an der nördlichen Bank nur 3 Fufs (1 m) Wasser gefunden wurde. Die dazwischenliegende Öffnung wurde nicht untersucht, doch nach ihrem Auftreten sowohl, wie nach der Beschreibung der Fischerleute, welche die Stelle besuchen, kann kein Zweifel herrschen, dafs sie mit den genannten beiden übereinstimmt. Sie soll etwas tiefer als die Tal Manar Passage, aber nicht so tief wie die von Thani Kodi sein. In der Nachbarschaft von Tal Manar und Thani Kodi ist die Bank für mehrere Meilen über Wasser sichtbar, nur durchschnitten durch einige wenige schmale Kanäle, doch nach ihrer Mitte zu ist sie meist mit Wasser bedeckt, und sehr wenig Sand ist zu sehen. Aber nach dem Wellenkamme zu urteilen, der sich genau auf der Kante der Bank bricht, kann die Tiefe des Wassers wenige Fufs nicht überschreiten.

Beiderseits des Felsenriegels, welcher den Damm bildet und der etwa 140 Klafter breit ist, bilden Felsen und Steine, untermischt mit Sand, den Meeresboden auf eine Entfernung von ungefähr 750 m auf der Nordseite des Dammes und 200 m auf der Südseite. Jenseits 750 m ist der Boden nach Norden gebildet von Schlamm und Thon mit 14 Fufs (4 m) Wasser, und an der Südseite ist jenseits der Felsen weicher Schlamm und Sand. Es ist wahrscheinlich, dafs zusammenhängende Felsenriffe sich nicht weiter erstrecken als 150 — 200 Klafter an der Nordseite, und dafs über diese Grenze hinaus der Boden aus vereinzelten Bruchstücken von Felsen und Steinen besteht, untermischt mit Kies und Sand. Der Meeresboden der Südseite ist ähnlich gebildet aus Felsenriffen und losen Bruchstücken."

Sehr sonderbar ist die Struktur dieser Felsenklippen. Major Sim berichtet (a. a. O. S. 11): „Die Felsenzüge, welche den Damm bilden, und die Schichten auf beiden Seiten sind an einer grofsen Zahl von Stellen aufgeschlossen, und beträchtliche Teile der Felsen sind aufgenommen worden, um seine Qualität und Dicke und die Natur seines Untergrundes zu erforschen. Der Felsen des Dammes ist beträchtlich härter und dicker, als der auf beiden Seiten anstehende, aber das Ganze ist weich und läfst sich leicht bearbeiten. Es scheint ein weicher Sandstein zu sein in einem vorgeschrittenen Stadium des Zerfalls, an Mächtigkeit wechselnd von $1\frac{1}{2}$—4 Fufs (0,4—1 m) und aufliegend auf einem Bett von grobem Kies. Er ist hart an der Oberfläche und wird nach innen immer weicher; der Untergrund scheint mehr verhärteter Kies, als eigentlicher Fels zu sein."

Das Gestein wird von Foote[1]) folgendermafsen beschrieben: „Teilweise sind diese Sandsteine nahezu reine Kieselgesteine, teilweise sehr kalkreich, indem sie grofse Mengen von zerkleinerten Meeresmuscheln enthalten. An gewissen Stellen enthält der Sandstein keine Schalenfragmente und besteht nur aus Quarz und Magneteisensand, gemischt oder geschieden je nach den Umständen. Eine Beimengung von Granatsand, genügend stark, um dem Felsen eine rötliche Färbung zu geben, ist häufig, doch bildet der Granatsand nur selten besondere Schichten. Gewisse Bänke wurden beobachtet, in denen eine vierfache Mischung zu erkennen war."

Der Sandstein ist zwar nicht in Bänke gegliedert, aber die Struktur und der Aufbau desselben aus gröbern und feinern Sandschichten läfst sich leicht erkennen. Die Schichten sind meist durch Lagen von Muscheln abgeteilt (die in Fig. 1 und 2 auf beiliegender Tafel als kleine Halbmonde eingetragen sind). Die Struktur ist eine andre fast in jedem

[1]) A. a. O. S. 69.

Profil, das ich aufgenommen habe. Doch sind zwei Haupttypen leicht zu erkennen. Der eine Typus wird in dem Aufschlufs Fig. 1 wiedergegeben. Wenn wir jede Schichtungsfläche als einstige Sedimentoberfläche betrachten, so können wir aus dem Profil Folgendes herauslesen: Zuerst war der Meeresboden eben, und annähernd horizontale Sandschichten wurden abgesetzt; dann häuften sich isolierte Sandhügel an, auf deren Oberfläche Konchylien lebten; endlich wurden diese isolierten Sedimenthügel wieder eingeebnet, indem die Thäler zwischen den einzelnen Sandbänken ausgefüllt und auf diese Weise wieder ein horizontaler Meeresboden erzeugt wurde. Mit andern Worten: wir sehen ein Gebilde, entstanden in seichtem Wasser durch sandführende Strömungen, welche bald einzelne Sandbänke aufschütteten, bald den Boden wieder glatt mit Sand bedeckten.

Der andere Typus ist in Fig. 2 dargestellt; beide Typen finden sich in der mannigfaltigsten Vermischung. Hier fällt zuerst in die Augen, dafs Blöcke eines früher erhärteten Gesteins unregelmäfsig abgerundet und in den Verband der Schichten aufgenommen worden sind. Diese Blöcke, von Faust- bis Metergröfse und von allen Formen, bilden bald ein Riesenkonglomerat, so dafs nur wenig verkittender Sand zwischen ihren Lücken angesammelt ist, bald sind sie vereinzelt dem unregelmäfsig geschichteten Sandstein eingestreut. Die Blöcke bestehen aus demselben Material wie der verkittende Sandstein, aus demselben verschieden gefärbten Sand, der jetzt noch an den Küsten von Ramésvaram durch die Wellen ausgewaschen wird. Bisweilen überwiegt die rote Farbe des Granatsandes, bald die schwarze des Magneteisens, bald die gelbliche des Quarzes. Die Blöcke sind keine Konkretionen, denn sie sind aus einem wohlgeschichteten Gestein herausgeschnitten, und die schwarzen oder roten Zwischenschichten durchziehen in parallelen Lagen die einzelnen Geschiebe. Der verbindende Sandstein zwischen diesen Geröllen ist oft wie das oben geschilderte Profil geschichtet, oft aber zeigt er jene charakteristische Diagonalschichtung (oder diskordante Parallelstruktur), welche in Sandsteinen so vielfach beobachtet wird. Ich habe in einer kürzlich erschienenen Abhandlung[1]) die Bildung dieser Struktur dadurch erklärt, „dafs ein, aus conzentrischen Schalen aufgebauter Sedimenthügel seinen Standort wechselt, d. i. wandert, und hierbei einen Teil seiner Basis am alten Ort zurückläfst“. Ich habe dort darauf hingewiesen, dafs sich solches am Meeresgrunde durch wandernde Sandbänke ebenso bilden könne, wie auf dem Festland durch wandernde Dünen.

Um nun die dort gewonnenen Ansichten auf die Geschichte des abgebildeten Profils anzuwenden, mufs erstens darauf hingewiesen werden, dafs es sich hier um eine marine Bildung handelt, denn eine grofse Menge von Muscheln sind schichtenförmig dem Sandstein eingestreut. Indem wir aber wiederum jede Schichtfläche als einstige Sedimentoberfläche betrachten, kommen wir zu folgendem Urteil über die Bildung des Sandsteins: Ein geschichteter Sandstein wurde durch die Wogen zertrümmert, und die einzelnen Bruchstücke wurden durch die Brandung abgerollt. Sie wurden wieder eingebettet in einen Sandstein, der in dem vorliegenden Aufschlufs folgende Geschichte hat: Zuerst war der Meeresboden eben, dann wurde darauf eine conzentrisch geschichtete Sandbank aufgehäuft, deren Oberfläche in den Ruhepausen des Wachstums mit Muscheln übersäet wurde. Diese ganze geschichtete Sandbank wurde später in ihrer obern Hälfte wieder abgetragen, während ihre Basis stehen blieb. Darauf wurden viele der oben genannten Rollblöcke über den Meeresboden zerstreut und die Zwischenräume so lange mit Sand ausgefüllt, bis wiederum ein ebener Meeresboden erzeugt wurde. Darauf wurde (links im Profil) eine conzentrisch geschichtete Sandbank aufgeschüttet und (rechts) die Böschung derselben abermals mit horizontal geschichteten Sandmassen aufgefüllt.

Bald sind abgerollte Korallenstöcke zwischen die Sandblöcke eingeschaltet, bald be-

[1]) Die Denudation in der Wüste. Abh. d. K. S. Ges. d. Wissensch., Bd. XVI, Nr. III, S. 519.

obachtet man ganze Nester mariner Konchilien, und wenn wir die ganze Ablagerung vom genetischen Standpunkt betrachten, so sehen wir das Gebilde eines von heftigen Strömungen beeinflufsten seichten Wassers; wir werden auf diese Betrachtungen später noch zurückgreifen.

## III. Die Insel Ramésvaram.

Der Name Rames-varam, d. i. Pfeiler des Rama [1]), kennzeichnet zur Genüge die religionsgeschichtliche Bedeutung der langgestreckten Insel. Nach ihrem Meridian (79° 21′ 55″ Ö. L., 9° 17′ 10″ N. Br. [2]) berechnen die Hinduastronomen [3]) ihr Gradnetz, und eine Wallfahrt nach dem Tempel von Ramésvaram ist für den Hindu ebenso verdienstlich wie die Pilgerfahrt nach Mekka für den Muslim.

Geologisch gesprochen, besteht die Insel aus zwei Teilen: erstens einer 28 km langen Dünenkette, welche von Paumben bis Thani Kodi reicht, deren Sandberge im östlichen Teil von Palmen und Akazien bewachsen sind, während sie im Westen eine blendendweifse Dünenkette bilden, ohne Vegetation und bis 20 m aus dem Meere emporsteigend. Dieser sandige lange Streifen ist die direkte und kontinuierliche Fortsetzung der Klippenzüge der Adamsbrücke im Meer. An diesen Streifen legt sich nach Norden eine fast quadratische Landfläche an, welche zum grofsen Teil aus Korallenkalk besteht, in deren Inneren ein brackischer See den letzten Rest der frühern Lagunen darstellt, und die als ein fossiles Atoll betrachtet werden darf, welches mit dem sandigen Landstreifen zu einer einheitlichen Insel verbunden ist.

Die Länge der Insel [4]) beträgt in OSO — WNW Richtung fast 28 km, ihre Breite in der Mitte etwa 10 km. Nach der Volkszählung von 1871 [5]) wird sie bewohnt von 13 767 Einwohnern, unter denen 10 655 Hindu, 5611 Mohammedaner und 1588 Christen sind.

Zwei gröfsere Orte liegen auf der Insel. An der Westküste Paumben, bewohnt von Fischern, Tauchern und solchen Leuten, welche mit ihren Booten oder Ochsenkarren den Transport der Pilger nach der auf der Ostküste liegenden Tempelstadt Ramésvaram besorgen. Auch ist hier eine Station des Überlandtelegraphen und der Sitz eines englischen Beamten für den Transport von Kulis aus Indien nach Ceylon. Mr. Johnston Reidy, welcher auf diesem abgelegenen Posten als einziger Europäer seines Amtes waltet, erzählte mir, wie die ceylonsche Regierung, um ihren durch den Kaffepilz schwer geschädigten Pflanzern aufzuhelfen, den Import von Tamulenarbeitern organisiert habe. Die Tamulen erscheinen bei Beginn der Kampagne mit Weib und Kind in Paumben, werden von hier für 6 pence zu Boot nach Manaar, und auf Ceylon noch ein gutes Stück mit der Eisenbahn befördert und kehren nach Abschlufs der Thee-Ernte gewöhnlich wieder nach ihrer Heimat zurück. Im Jahre 1888 wurden auf diese Weise 53 000 Kuli nach Ceylon und 48 000 Kuli nach Indien zurücktransportiert.

Auf der Ostküste der Insel liegt die Stadt Ramésvaram, ausschliefslich bewohnt von Brahminen, welche die ankommenden (im Jahr 1877 besuchten 47 000 Hindu den Tempel) Pilger in den heiligen Gebräuchen unterrichten und dabei viel Geld verdienen. Selbst der ärmste Pilger soll 10 Rupi für diesen Unterricht zahlen müssen. Eine 10 km lange Strafse führt von Paumben nach Ramésvaram, beschattet von schönen Babulbäumen (Acacia arabica) und besetzt mit unzähligen Tempelchen, Tschattrams und Kultusgebäuden. Der in Ramesvaram stationierte Arzt, J. A. Rengasamyshaidov, ein liebenswürdiger Inder, nahm sich meiner freundlichst an und wetteiferte mit dem Bürgermeister P. M. Coopoosawmy Naidu,

[1]) W. Hamilton, Description of Hindustan, II, S. 475.
[2]) The Imperial Gazetteer of India, XI, S. 442.
[3]) J. Stuart. Trans R. Asiat. Soc., Bd. III, Teil II, S. 462.
[4]) Bay of Bengal Pilote 1887, S. 87.
[5]) The Imperial Gazetteer of India, Bd. XI, S. 442.

mir den Aufenthalt möglichst angenehm zu machen. Ich verdanke ihnen, dafs ich das Innere der Pagode und den Tempelschatz besehen durfte und die interessanten Tänze der Tempeltänzerinnen kennen lernte. Mr. Rengasamyshaidov, dessen wesentliche Aufgabe, auch während meiner Anwesenheit war, den an Cholera erkrankten Pilgern ärztliche Hilfe zu bringen, hatte eine Karte der Insel entworfen und darauf alle wichtigen Ortenamen bezeichnet. Er gestattete mir eine Kopie zu nehmen und setzte mich dadurch in den Stand, auf der beiliegenden geologischen Karte diese Orte einzutragen. Die Endsilbe Chattram (Tschattram) bezeichnet eine Halle zum Übernachten für die Pilger, Theertum bezeichnet ein zu religiösen Waschungen benutztes Wasserbecken.

Die Insel Ramésvaram ist, wie die ganze indische Küste, klimatisch von den Monsunen beeinflufst. Nähere Angaben über den Gang der Gezeiten und der Temperatur bringt Thursten [1]):

Die Gezeiten sind sehr unregelmäfsig in Paumben, da das Steigen und Fallen wesentlich durch den Wind beeinflufst wird. Die ungefähre höchste Fluthöhe ist 3 Fufs, doch bei Nippfluten ist, bisweilen 48 Stunden lang, das Steigen und Fallen nur 1—2 Zoll. Die Strömungen sind im allgemeinen beeinflufst von, und proportional zu der Stärke des Windes. Durch den Paumben-Pafs erreicht die Strömung oft eine Geschwindigkeit von 5—6 Knoten die Stunde; sie macht es gelegentlich schwierig, Dampfer selbst unter vollem Dampfe hindurchzubringen. Während des Nordost-Monsuns setzt die Strömung nördlich durch den Pafs. Die einzige Zeit, innerhalb deren ein Gezeitenstrom bemerkbar ist, sind März, April und Oktober, wo er im allgemeinen alle 6 Stunden umsetzt. . . . .

Die folgende Tabelle zeigt das Maximum, Minimum und die monatliche Differenz der Lufttemperatur (° C.) im Schatten, morgens 10 Uhr und nachmittags 4 Uhr nach den Aufzeichnungen des Paumben Marine Office vom April 1888 bis März 1889. Die Differenz beträgt im Maximum 9° C.

| | Minimum. | Maximum. | Schwankung. |
|---|---|---|---|
| April 1888 . . | 27,2° | 33,3° | 6,1° |
| Mai . . . . . | 26,1 | 32,8 | 6,7 |
| Juni . . . . . | 28,9 | 31,1 | 2,2 |
| Juli . . . . . | 28,9 | 31,7 | 2,8 |
| August . . . . | 28,9 | 31,1 | 2,2 |
| September . . | 28,9 | 31,7 | 2,8 |
| October . . . | 25,6 | 31,7 | 6,1 |
| November . . . | 25,6 | 31,7 | 6,1 |
| December . . . | 25,0 | 30,0 | 5,0 |
| Januar 1889 . . | 24,4 | 27,2 | 2,8 |
| Februar . . . | 26,7 | 31,1 | 4,4 |
| März . . . . . | 27,8 | 33,3 | 5,5 |

Nach diesen Angaben in Celsius ist auf Paumben das Minimum der Temperatur im Monat Januar 25°, das Maximum im März ca 34°, also eine Maximaldifferenz von 9 Grad. Der frische Seewind machte während Ende Januar und Anfang Februar 1889 diese an sich so geringen Temperaturunterschiede noch weniger merklich; ein wolkenloser Himmel trug ebenfalls dazu bei, um den Aufenthalt auf der einsamen Insel mir angenehm zu machen.

Indem wir uns jetzt zur spezielleren geologischen Beschreibung der Insel wenden, möchte ich vorausschicken, dafs ich den sandigen Streifen der Südküste nur wenig studiert habe und mein Hauptaugenmerk den Korallenfelsen der Nordküste zuwandte. Ich fuhr in einem Segelschuner ganz nahe der Südküste entlang und musterte dieselbe vom Schiffe aus mit dem Fernglas. Es ist mir nicht gelungen, bis Thani Kodi irgend einen anstehenden Felsen unter der Sanddüne zu entdecken, ebensowenig auf der Nordküste des Dünenstreifens, soweit man denselben von der Meeresbucht hinter der grofsen Pagode verfolgen konnte. Ich glaube daraus mit einiger Sicherheit schliefsen zu können, dafs dieses ganze

[1]) Notes on the Pearl and Chank Fisheries and Marine Fauna of the Gulf of Manaar. Madras, Gov. Centr. Museum, 1890, S. 51.

Gebiet aus unverkittetem Sand besteht und vielleicht nur im Innern des Dünenberges zu festerem Sandstein verhärtet ist. Umso mannigfaltiger ist die Beschaffenheit der Felsen an der Nordküste, auf deren Bildung Foote[1]) nachdrücklich aufmerksam macht: „Das gehobene Korallenriff ist ein interessanter Zug der Nordküste von Ramésvaram und eines eingehenderen Studiums würdig, als Zeit und Umstände mir gestatteten". Ich will diesen Wunsch Footes erfüllen durch eine möglichst genaue Wiedergabe der von mir daselbst gemachten Beobachtungen. Leider habe ich infolge einer heftigen Entzündung der Fufsgelenke einen, wenn auch kleinen Teil der nördlichsten Küste nicht begehen können.

Der Travellers Bungalow, an dem Nordende des Dorfes Paumben gelegen, ist erbaut auf einem Sandberg, der etwa 10 m ziemlich steil aus dem Meere emporsteigt, aber nur wenige Schritte nach Norden von dieser Stelle beginnen die Korallenfelsen des fossilen Riffes und umziehen mit kurzen Unterbrechungen als kontinuierliches Band die Küste. Um gleich ein allgemeines Urteil über die einzelnen Teile dieses Riffbandes abzugeben, so ist dasselbe auf der Westküste, deren Beschreibung hier zuerst folgt, fast unverändert. Die Poritesstöcke stehen wie Türme einer Bastion am Ufer, ihre Oberfläche ist wenig korrodiert, so dafs die Septen häufig noch sichtbar sind; das innere Gefüge ist wenig metamorphosiert. Auch die aus lockerm Grus oder zerbrochenen Korallenästen gebildeten Riffstrecken der Westküste zeigen keine strukturelle Veränderung, die Fragmente sind nicht verkittet, nicht durch Sinterkrusten überrindet oder miteinander verklebt — wir werden noch zu zeigen haben, dafs auf der Ostküste alle Sedimente stark umgeändert sind, sogar die noch unter Meer befindlichen Rifffelsen des Strandes.

Ein lebendes Riff säumt den Strand, und die Kante desselben bildet in etwa 50 m Entfernung vom Ufer einen kräftigen Wellenbrecher, der durch ein weifses Schaumband sich deutlich heraushebt. Im Innern dieses von der Riffkante und dem Ufer gebildeten Kanals ist vollkommen ruhiges Fahrwasser, und als ich in demselben auf einem primitiven Flofs einmal mich fahren liefs, beobachtete ich, dafs nur an wenigen Stellen die Wellen von aufsen hereindringen konnten und den Baumstamm, dem ich mich anvertrauen mufste, ins Schwanken brachten. Ein reiches Korallenleben gedeiht in diesem Kanal und bildet einen allmählichen Übergang zu den fossilen Rifffelsen am Ufer. Unzählige Fragmente von Korallen waren ans Land gespült und bildeten stellenweise ein wahres Lager einer unverkitteten Korallenbreccie. Besonders lehrreich war es zu beobachten, wie intensiv die Korallenstöcke deformiert werden, ehe sie fossil und in die Erdschichten eingebettet werden. In den Sammlungen der Museen findet sich eine reiche Kollektion der wohlerhaltenen Korallenkolonien versammelt, und der Naturforscher, der die wohlverpackten und sorgsam behandelten Skelette dort stehen sieht, kann leicht zu der Ansicht verleitet werden, dafs in einem fossilen Korallenlager dieselben zarten Formen aufbewahrt sein müfsten. Ja selbst der Naturforscher, der auf einem lebenden Korallenriff gesammelt hat und, durch die Formenpracht der Kolonien gefesselt, die wohlausgebildeten Gruppen der Riffkante und der Riffhöhlen durch Taucher heraufbringen liefs, wird geneigt sein, dieselben Stöcke auch in einem abgestorbenen Riff zu suchen. Ich möchte aus eigener Erfahrung hervorheben, dafs ein grofses Mafs von Entsagung dazu gehört, auf einem lebenden Riff seinen Blick von den anziehenden Formen der lebenden Korallenstöcke und ihrer Farbenpracht abzuwenden und die unscheinbaren „Sand"-stellen zu untersuchen, welche abgestorbene Stöcke enthalten und welche uns zeigen, in welcher Form ein Korallenstock fossil wird. Nur der geübte Blick vermag in den formlosen, mit Kalkalgen und Bryozoenrasen bewachsenen Steinen die Form der einstigen Prachtstücke wiederzuerkennen. Wie kleingehackte Baumäste, von grüner, glatter Rinde überzogen, sehen die Madreporenäste jetzt aus. Die übereinanderliegenden Enden werden durch Kalkalgen verkittet und dadurch ein netzartiges Balkenwerk

[1]) Mem. Geol. Surv. of India, XX, 1, S. 70.

erzeugt; ein Schirm von 1 m Durchmesser und 20 cm Höhe wird korrodiert zu einem flachen Kegel von 25 cm Durchmesser und 12 cm Höhe, dem man nicht mehr ansieht, wie schön er einmal ausgesehen hat. In dieser Form werden die Korallen meist fossil, und da darf es uns nicht wunder nehmen, wenn wir fossile Riffkalke so oft vergeblich nach Korallenkelchen durchsuchen.

Auch nach andrer Hinsicht ist der Strand von Ramésvaram interessant: die mit solch abgeriebenen Korallenstücken bedeckten Strecken werden unterbrochen durch lange Streifen sandigen Strandes, auf denen ein reiches pelagisches Tierleben herumliegt. Physalia war zu Tausenden an die Küste getrieben, so dafs ich streckenweise mit jedem Schritt eine der schönblauen Schwimmblasen zertrat. Dazwischen fanden sich Janthina-Schalen, zierliche Spirulahörnchen, ein etwas abgeriebener Nautilus pompilio; ja sogar ein 5 m langes Skelett von Balaenoptera indica war an der Nordseite angetrieben und verriet auf weite Entfernung seine Anwesenheit durch nicht gerade angenehme Düfte. Dann fanden sich wieder braunrote Streifen von Sargassum vulgare am Ufer angespült.

Der Strand des Ufers ist meist von hellgelber Farbe, einigemale aber fand ich merkwürdige Ausnahmen. Es waren zwischen die dünngeschichteten Sandbänkchen des Ufers 2—10 mm dünne Schichten von schwarzem Eisensand oder von rotem Granatsand eingelagert, genau wie sie einzelne Schichten in dem Konglomerat der Adamsbrücke zeigen; ein Beweis dafür, dafs beides gleichartige Bildungen sind. Der Sand ist jedenfalls aus dem durch die Flüsse ins Meer transportierten Granitgrus ausgewaschen.

Die auffallendste Erscheinung in der Struktur der fossilen Riffterrasse am Strande sind die grofsen Poritesstöcke, die bis 5 m Durchmesser haben. Gewöhnlich stehen sie isoliert oder in kleinern Gruppen zusammen, aber ich möchte aus den Beobachtungen an den lebenden Riffen von Currysuddy und Shingle-Island (s. u.) schliefsen, dafs sie einst durch Lager von mehr oder weniger angehäuftem Kalksand verbunden waren, der erst später aus den Zwischenräumen durch die Brandung wieder herausgespült worden ist — dafs nur ein kleinerer Teil ursprünglich schon als offene Sedimentlücke bestand, wie wir das im 7. Abschnitt näher betrachten wollen.

Ein zweites, ebenso wichtiges Element im Aufbau dieser Riffe sind die Madreporen und andern ästigen Korallen. Entsprechend den oben beschriebenen Korrosionsvorgängen findet man sie nur selten als wohlerhaltene Schirme im fossilen Riff — vielmehr bilden sie gewöhnlich Bänke und Lager von zerbrochenen Korallenästen, oft abgerollt und ihrer Skulpturen beraubt. 30—60 cm dicke Lager solcher Korallenäste treten häufig auf und enthalten eine grofse Fülle prachtvoller Gastropoden und einige dickschalige Muscheln (Lucina, Cardium, Arca, Spondylus).

Mr. E. Thursten gibt als Ergänzung der von mir Verh. der Ges. f. Erdkunde, Berlin 1889, Nr 7 gegebenen Beschreibung und brieflicher Mitteilungen a. a. O. S. 58 folgende Schilderung der Küste: „Nicht uninteressant ist das Vorkommen einer Bank von Madrepora, etwa 8 Klafter lang, in einem höheren Niveau als die Porites, und augenscheinlich an ihrer Ursprungsstelle eingebettet. Ihre verzweigten Äste breiten sich aus und bilden breite Flächen, auf denen ein verfestigter Sandstein lagert.

Die Hauptmasse dieser Terrasse, ebenso wie die vorgeschobenen Korallenblöcke zwischen ihr und der See, die durch die Wellen herausgelöst sind, wird gebildet von enormen Stöcken von Porites, deren einer einen Durchmesser von zwölf Fufs besafs. Dafs diese Stöcke eingebettet wurden, wie sie gewachsen sind, zeigt sich nicht nur aus ihrem riffähnlichen Aussehen, sondern auch aus ihrer aufrechten Stellung. Die vertikalen Säulen mancher dieser Stöcke geben Zeugnis dafür ab, dafs sie nicht durch die Wellen zufällig ans Land geworfen worden sind, gleich den kleinen Korallenbruchstücken, welche bei Ebbe entblöst werden und die in allen unnatürlichen Lagen herumliegen. Die Kelche an der Oberfläche der fossilen Korallen sind entweder auf lange Strecken wohlerhalten, so dafs sie leicht zu



bestimmen sind, oder, besonders wenn sie der Brandung ausgesetzt waren, abgerollt oder verdeckt durch kristallinische Krusten. Eingebettet in Höhlungen der Porites, einst gebohrt und bewohnt von der lebenden Muschel, sind Venerupis macrophylla ungeheuer häufig, welche ja auch heutzutage auf dem lebenden Riff zahlreich sind.

Die Porites sind häufig überwachsen von Astraeiden, seltener mit Coeloria, die gleich jenen auch solide, isolierte Blöcke bilden, doch von geringerer Gröfse als die Porites."

Wir finden also nach allen diesen Beobachtungen vier verschiedene Elemente, welche die fossile Riffterrasse der Westküste zusammensetzen: erstens die Gerüste der massigen Porites und Astraeiden, zweitens die ästigen Madreporen, meist zerbrochen und zu einer losen Breccie vereinigt, drittens Muschelsand, aus zerbrochenen Kalkskeletten bereitet und zwischen die Korallen aufgefüllt, und viertens Quarzsand, der ebenfalls eingeschaltete Bänke bildet.

Über das innere Gefüge der Insel weiter landeinwärts gibt ein Kanal Aufschlufs, welcher, 1 m breit und bis 3 m tief, von der Küste nach dem Binnensee leitet, der das Innere des nördlichen Teils der Insel bedeckt. Das Gestein besteht aus einem Gemenge von Korallen und Sand, mit vielen eingebetteten Konchylien, es ist vollkommen unverkittet.

Wie schon eingangs erwähnt, ist also die ganze Riffterrasse der Westküste zwar aufser Meer, aber sonst unverändert, ohne Cement, ohne strukturelle Umwandlung des Gesteins. Wenn wir lokale Abweichungen unberücksichtigt lassen, ist die Höhe dieser Terrasse 2 m.

In demselben Niveau findet sich ganz die gleiche Küstenterrasse auf der Ostküste der Insel. Sie beginnt hier gleich hinter dem grofsen Tempel und läfst sich in gleichbleibender Höhe, nur selten von tiefer liegenden Strecken unterbrochen, bis zur Nordspitze der Insel verfolgen. Wenn man den lithologischen Habitus beider Küstengebilde unberücksichtigt läfst, so ist in der Gleichalterigkeit derselben nicht der geringste Zweifel möglich, und Foote hat, ebenso wie Thurston, diesen Standpunkt mit Recht vertreten. Dagegen fällt ein tiefgreifender Unterschied beider Gebilde in die Augen, wenn man sein Augenmerk auf die Beschaffenheit der Gesteine richtet. Waren an der Westküste die Korallen unverändert, die Füllmasse unverkittet, das Gefüge des Gesteins locker und zerreiblich, so ist das Gestein an der Ostküste von bedeutender Härte, meist zu einer lückenlosen Masse verkittet und von solcher Festigkeit, dafs man mit dem Hammer Handstücke schlagen mufs. Bald ist nur eine einzige Terrasse an der Küste, bald stellt sich 2—5 m landeinwärts noch eine zweite, höhere Terrasse ein. Auch hier auf der Ostküste ist das Niveau lokal durch Abrasion oder Erosion ungleich geworden, allein im ganzen läfst sich die einheitliche Bildung auch hier nicht verkennen. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber der Westküste liegt endlich darin, dafs Porites nicht in so grofsen turmähnlichen Massen vorkommt.

Das subfossile Riff beginnt mit einem sonderbaren Kalklager, aus faustgrofsen, weifsgefleckten Knollen zusammengesetzt. Sand erfüllt die Zwischenräume dieser Knollen, welche leicht als Kalkalgen aus der Gruppe Lithothamnium erkannt werden. Es ist ein echter subfossiler Algenkalk, der in zwei übereinanderliegenden, als gesonderte Stufen erscheinenden Bänken hier auftritt. Zwischen den Kalkalgen liegen vereinzelte 1—2 Fufs grofse Stücke von Astraea und Porites, welche, meist wie flache Brote gebildet, auf dem Kalkalgenlager gewachsen sind. Es liefse sich in einigen Fällen mit Sicherheit nachweisen, dafs da, wo solche Korallenstöcke auf sandigem Untergrund gewachsen zu sein schienen, doch eine Zwischenschicht von Kalkalgen zwischen Sandstein und Koralle lag, so dafs auch hier die auf dem verschiebbaren Sande liegenden festeren Algenknollen die Unterlage für die wachsende Korallenkolonie abgaben. Am Meere war durch die Thätigkeit[1]) des Seewassers der Algenkalk ungemein stark zerfressen, und manche Stellen schienen aus einem Netz-

---

[1]) Vgl. P. Schirlitz, Zeitschr. d. deutsch. Geol. Gesellsch., Berlin 1886, S. 338.

werk von Filigran zu bestehen, so dünn waren die Äste, welche das Kalkgerüst zusammenhielten.

Vom Tempel ausgehend, habe ich einen Teil der Küste abgeschritten und dabei folgende Beobachtungen gemacht:

200 Schritt Sand, mit groben Blöcken im Meer.
670 Schritt Kalkalgenlager, mit eingeschalteten kleinen Sandsteinpartien.
40 Schritt grobkörniger Sandstein.
230 Schritt Korallenbreccie.
350 Schritt Sandküste.
160 Schritt flache Felsen, welche sich weit ins Meer hinaus verfolgen lassen. Diese Felsen bestanden aus einem unter dem Hammer klingenden Gestein, gebildet aus Korallenästen, die durch eine gelbe oder rote Cementmasse zu einem festen Gefüge verbunden waren. Auch die bei Ebbe vom Wasser entblöfsten Felsen im Meer bestanden aus demselben Gestein, nur waren sie weniger hart, als die am Ufer anstehenden.
400 Schritt eine 3 m hohe Terrasse wohlgeschichteter Sandsteine mit wenig organischen Resten. Einige Bänke mit ausgezeichneter Diagonalschichtung; andre zeigen die unregelmäfsige konglomeratische Schichtung, welche wir oben von den Klippen der Adamsbrücke kennen gelernt haben.
100 Schritt eine Bank von Sandstein mit flachen Korallenstöcken, ohne die obengenannte Zwischenschicht von Kalkalgen. Am Strande findet sich darüber eine zweite Sandsteinbank, etwa 50 Schritte lang, mit Diagonalschichtung.
300 Schritt Kalkalgen mit Korallenstöcken, darunter viele ästige Madreporiden, das Gestein (wie oben) verhärtet und verdichtet.
60 Schritt Lager sehr grofser Lithothamnien, die einzelnen Knollen bis 30 cm im Durchmesser; Korallenstöcke dazwischen.
80 Schritt steil ansteigende Terrasse.
280 Schritt 3 m hohe Steilwand, zuunterst eine 1,5 m hohe Korallenablagerung, darüber zwei dünne Bänkchen mit Lithothamnium, als hangende Schicht ein Sandsteinlager mit groben Sandsteinblöcken, teilweise durch Kalkalgen überrindet. Auch eingeschlossene Korallenstöcke sind von Algenrinden überzogen.
50 Schritt kleine sandige Bucht.
500 Schritt Sandstein mit Kalkalgen. Alle Blöcke in der hangenden Sandsteinbank mit 15 mm dicken Sinterkrusten, darüber noch 20 mm dicke Rinden von Kalkalgen, ein Beweis dafür, dafs die Sinterbildung noch unter Meer vor sich gegangen ist. Sogar Bohrmuscheln haben die Sinterkrusten angebohrt und führen zu demselben Schlufs.
300 Schritt Korallenbreccie mit hartem Cement (wie oben beschrieben), darin viele marine Konchylien. Die Farbe des Cements wechselt von gelb bis zinnoberrot. Die gelbe Masse ist weicher.
230 Schritt Korallenlager mit massenhaft eingeschlossenen Helixschalen. Die Landschnecken finden sich aber nur an der Oberfläche des Korallenkalks und sind offenbar durch einen Landregen auf das lebende Riff geschwemmt worden. Bei der darauf folgenden Cementierung und Trockenlegung wurden sie mit eingekittet.
340 Schritt Sand. Darauf
1200 Schritt Korallenkalk, der sich ununterbrochen am Strande weiterzieht.

Auch an der Ostseite der Insel, mehrere Hundert Schritte landeinwärts, waren Aufschlüsse, welche erkennen liefsen, dafs das Innere ebenfalls aus Korallenkalk besteht. Wenn man von dem Westportal des grofsen Tempels die Strafse nach Norden verfolgt, kommt man über einige rote Sandhügel und gelangt dann an eine Stelle, wo ein Teich gegraben worden ist. Das hierbei ausgeschachtete Material liegt in grofsen Haufen aufgeschichtet. Es besteht aus Korallenästen, welche mit eigentümlichen grauen Kalkrinden überzogen und mit einander verkittet sind.

Aus den mitgeteilten Beobachtungen geht hervor, dafs das fossile Korallenriff der Ostküste von Ramésvaram zwar als eine gleichalterige Bildung mit dem der Westküste betrachtet werden mufs, aber einen wesentlich verschiedenen petrographischen Habitus besitzt. Der Korallenkalk ist durch graue, gelbe oder zinnoberrote Cementmasse zu einem harten Gestein verkittet, Kalkalgenlager sind eingeschaltet und verdrängen teilweise vollkommen den Korallenkalk, endlich sind einige Küstenstrecken durch gleichalterige Sandsteine ausgezeichnet. Wir finden auch hier eine grofse Mannigfaltigkeit gleichzeitiger Sedimente, lokal sogar Landschnecken in grofser Menge, vermischt mit marinen Resten.

Ehe wir aber die hierbei gewonnenen Beobachtungen weiter diskutieren, müssen wir die kleinen Koralleninseln besprechen, welche südlich von Ramésvaram im Golf von Manaar liegen und deren Bildung manche Erscheinung des fossilen Riffes erklärt und dem Verständnis näher bringt.

## IV. Die Koralleninseln des Golfs von Manaar.

Die breite Meeresbucht, welche von Südindien, Ceylon und der Adamsbrücke umgrenzt und nach der (während der portugiesischen und holländischen Herrschaft befestigten) Insel Manaar benannt wird, ist berühmt wegen ihrer Perlenfischerei. Das Gouvernement von Ceylon (bekanntlich unabhängig von Indien) läfst in der Nähe von Manaar fischen; die indische Regierung hat ihre Perlenbänke nahe bei Tutikorin. Vom 2. bis 27. März 1889 wurden dort, im Dutsch Bay, 25 184 015 Perlaustern (Avicula fucata Gould) mit einem Wert von 481 887,52 Rupi durch 190 Boote gewonnen, während bei Tutikorin durch 44 Boote 2 398 400 Muscheln mit einem Wert von 55 871.65 Rupi erbeutet wurden [1]). Nach Streeter [2]) berichtet Bischof Friar Jordanus, dafs im Jahre 1330 sogar 8000 Boote die Perlfischerei betrieben haben. Bei Tutikorin liegen die Perlbänke 10 Faden, bei Manaar nur 5—7 Faden tief. Nicht minder wichtig ist die Fischerei des Chank (Turbinella rapa), einer Schneckenschale, welche von den Hindu bei Opfergaben verwandt wird und aus der sehr geschätzte Schmuckgegenstände (Armringe, Ohrringe) für die Hindufrauen geschnitten werden. Diese Schnecke findet sich in der Nähe der Perlbänke auf sandigem Boden in 7—10 Faden Wassertiefe. Im Jahre 1885/6 wurden 332 757 Stück erbeutet, welche einen Wert von 23 970 Rupi besafsen. Eine rechtsgewundene Schale, welche bei Jaffna auf Ceylon 1887 gefunden wurde, erzielte den Preis von 700 Rupi.

Aufserdem wird die Trepangfischerei (Holothuria marmorata) im Golf von Manaar betrieben.

Eine Reihe kleiner Inselchen zieht sich längs der Küste. Sie bestehen aus Korallen und werden von einem breiten, lebenden Riff umsäumt. Bald hat jedes einzelne Inselchen sein Saumriff, bald werden mehrere benachbarte durch ein gemeinsames Riff umschlossen. Ich besuchte die beiden Inselchen Kurrysuddy und Shingle Island, welche der Südküste von Ramésvaram gegenüberliegen.

Es war bei tiefer Ebbe, als ich mit meinem Canu und neun Bootsleuten und Tauchern bei Kurrysuddy ankam, und eine etwa 300 Schritt breite Riffläche teilweise vom Wasser entblöfst fand. Im Durchschnitt stand 20—30 cm Wasser über den lebenden Korallenstöcken, aber grofs war mein Erstaunen, als ich Schirme von Madrepora und Pocillopora 4 cm aus dem Wasser herausschauen sah. Zwar spülten die kleinen Wellen oft über diese herausragenden Korallenäste, aber mehrere Minuten lang blieben sie oft unbenetzt, und dennoch schienen sie ruhig weiterzuleben. Es ist ja immerhin möglich, dafs die von mir beobachteten Stöcke am nächsten Tag tot waren, aber es ist mir doch wahrscheinlich, dafs manche Korallen imstande sind, eine kürzere Zeit über Wasser zu kommen, ohne deshalb abzusterben; denn die Gewebe der Riffkorallen besitzen die Fähigkeit, grofse Quantitäten Schleim auszuscheiden. Wenn man Korallen aus dem Wasser nimmt, dann tropft ein durchsichtiges, schleimiges Sekret lange Zeit von dem Stock ab, und es ist immerhin wahrscheinlich, dafs die Korallen sich durch solche Schleimsekretion einige Zeit vor dem Austrocknen schützen können.

Anderseits beobachtete ich, dafs dieselben Arten, welche an der einen Stelle aufser Wasser noch lebten, an einer andern Stelle zwar unter Wasser, aber abgestorben waren — man ersieht daraus, dafs die Wasserentblöfsung nicht der einzige Grund sein kann für das Absterben von Riffkorallen. Im ganzen betrachtet, gewinnt man von Kurrysuddy ebenso wie von Shingle Island den Eindruck, dafs eine durch fortdauernde negative Strandverschiebung entblöfste Riffmasse vorliegt.

Die mächtigen Poritestürme, welche wir oben bei der Küste von Paumben als fossil kennen lernten, treffen wir hier lebend wieder; sie bestimmen geradezu den Typus der lebenden Saumriffe dieser Inseln. Porites in allen Gröfsen, Stöcke von 1—2 m Höhe und 2—4 m

[1]) Thurston a. a. O., S. 41 u. 42. — [2]) Streeter, Pearl and Pearls Life, 1886.

Durchmesser, ist die häufigste Koralle, die ich hier gesehen habe. Es ist das besonders interessant, weil im Hafen von Point de Galle diese Gattung überaus selten ist und Ortmann [1]) auf Grund seiner Bearbeitung der von E. Haeckel gesammelten Korallenfauna von Südceylon gerade auf dieses Fehlen von Porites Gewicht legt. Man sieht daraus, dafs in geringer Entfernung eine so grundverschiedene Zusammensetzung der Rifffauna beobachtet werden kann. Die Oberfläche der gröfsern Poritesstöcke ist gewöhnlich abgestorben, eine Erscheinung, die auch Semper [2]) von den Palau-Inseln beschreibt, die ich auf den Riffen des Roten Meeres ebenfalls mehrfach beobachtet habe.

Zwischen diesen grofsen Poriteskolonien öffnen sich weite Lücken, so dafs man nur mit grofser Vorsicht auf dem Riff umherwandern kann. Diese Lücken bilden Höhlen von 2—3 m Tiefe, an deren Wänden sich ein reiches Tierleben findet. Im Abschnitt VI wird die Bildung dieser Höhlen eingehend berücksichtigt werden.

Zwischen den rundlichen Poritesstöcken sind Kolonien ästiger Korallen, und Thurston gibt (a. a. O., S. 74) eine Liste von 37 Arten, die er in der Umgebung von Ramésvaram beobachtet hat. Ein Vergleichung der Artenliste von der Indischen Küste des Golfs von Manaar mit der Liste von Duncan [3]) und Ridley [4]) zeigt, dafs gewisse Arten der Indischen Küste und Ceylon gemeinsam sind, andre dem Mergui-Archipel. Milleporiden sind selten.

Viele der gröfsern, schirmförmig ausgebreiteten Korallen waren in ihren zentralen Teilen abgestorben, wie ich das von den Korallenriffen der Sinaihalbinsel beschrieben habe. Sehr häufig sitzt eine Koralle auf der andern, oft sehr verschiedenen Gattungen angehörig.

Der Sand, welcher die Lücken zwischen den Korallenpartien anfüllt und von dem ich viele Proben durch Taucher heraufholen liefs, ist mifsfarbig und besteht aus organischem Kalk, gemengt mit mineralischen Bestandteilen. Das Verhältnis beider Gemengteile ist ein sehr wechselndes. Ich fand bei einer Sedimentprobe, die sich schon äufserlich als zoogen zu erkennen gab, gegen 5 Proz. in Salzsäure unlöslichen Rückstand, während eine andre Probe, der man den starken Quarzgehalt sehr leicht ansah, 25 Proz. unlöslichen Rückstand ergab.

Ein Gehalt an humosen Teilen, wohl entstanden durch verweste Tange und Seephanerogamen, färbt die Sedimente gelegentlich kaffeebraun.

Wenn man die 300 Schritt breite Fläche des lebenden Saumriffs überschritten hat, gelangt man erst an das eigentliche Ufer der Insel, welche sich etwa 2 m hoch über Wasser erhebt. Sie ist kärglich bewachsen. Thurston (a. a. O., S. 55) sammelte darauf 18 Pflanzenarten.

Shingle Island ist zum Teil mit sehr hohem Gras bewachsen. Ein Wall von abgestorbenen, abgerollten Korallenfragmenten säumt 1,5 m hoch das Ufer, abgeriebene Konchylien liegen dazwischen, und nur an sandigen Küstenstellen konnte ich wohlerhaltene Muschelreste, darunter Spirula Peronii, in vielen Exemplaren beobachten. Hinter dem Strandwall, der zweifellos durch die Brandung bei SW-Monsun aufgeworfen worden ist, findet sich eine vertiefte Fläche, dann steigt die Insel wieder zu 1,5 m an.

Weder auf Kurrysuddy noch auf Shingle Island fand ich Kalkalgenlager, trotzdem ich meine Taucher ganz besonders nach solchen suchen liefs. Wohl brachten sie mir, nachdem sie durch Klopfen ans Boot die Haifische erschreckt zu haben glaubten, mancherlei interessante Objekte herauf, aber nicht die gewünschten Algenknollen. Nach langem Kreuzen und vielem vergeblichen Tauchen fanden wir endlich im Norden der Adamsbrücke, aufserhalb des Strandriffs von Pilaymuddum, ein rezentes, ausgedehntes Algenlager in 2,5 m Tiefe (bei Flut).

Auf abgestorbenen Korallenästen aufsitzend, solche überrindend und miteinander verkittend fanden wir ungeheure Mengen von Lithothamnien. Bald waren es glatte, rinden-

[1]) Ortmann, Zool. Jahrb.; Abteil. f. Systematik, IV, 1889. — [2]) Die natürlichen Existenzbed. der Tiere, 1880, II, S. 33. — [3]) Duncan, Journ. Linn. Soc., Nov. 1886. — [4]) Ridley, Ann. Mag. Nat. Hist. 1883, Ser. V, Bd. XI.

artige Überzüge, bald vielästige Kugeln von grüner Farbe. Während am Strand nördlich vom Paumben und auf Kurrysuddy Korallenäste durch die Brandung deformiert und formlos geworden waren, so war hier dasselbe durch Hilfe der Kalkalgen geschehen. Nirgends war ein Kelch auf der Oberfläche zu erkennen; dicke, violette und grüne Algenrinden hatten alles überzogen und aufeinanderliegende Äste verkittet. So war ein sonderbares, grobes Maschenwerk entstanden, von rundlichen, 1—2 cm dicken Balken gebildet, denen man nur auf dem Querbruch ansieht, daſs es Madreporen sind.

Jedes Gestein, welches im Schichtenverband der Erdrinde auftritt, ist durch bestimmte Eigenschaften charakterisiert, aus denen der Geolog Schlüsse ziehen kann über die Entstehung desselben. Schon lange erkannte man, daſs die Eigenschaften eines Gesteins nicht alle ursprünglich, sozusagen angeboren, waren, sondern daſs sich der lithologische Habitus eines jeden Gesteins zusammensetzt: erstens aus solchen Charakteren, welche das Gestein bei seiner Bildung erhielt, zweitens aus solchen, welche später sekundär hinzukamen. Ein gefalteter, dünngeschichteter, fester magnesiahaltiger Kalkstein hat als primäre Eigenschaften den Kalkgehalt und die Schichtung, als sekundäre Eigenschaften seine Härte, den Magnesiagehalt und die gefaltete Struktur. Finden wir in einem solchen als marin erkannten Kalkgestein noch Spuren von Meeressalzen, so können wir mit einem gewissen Recht auch diesen Gehalt als primäre Eigenschaft betrachten. Während man früher die Summe der Vorgänge, welche ein kalksandiges Meeressediment zum festen, gefalteten, dolomitischen Kalkstein umbilden, als Metamorphose zusammenfaſste und bezeichnete, ist später durch v. Gümbel das Heer der umwandelnden Prozesse in zwei Gruppen geschieden worden und dadurch ein wichtiger Fortschritt gegeben in unsrer Erkenntnis. v. Gümbel unterscheidet zwischen Diagenese und Metamorphose und versteht unter der Diagenese diejenigen Umwandlungen, welche ein Gestein dadurch erleidet, daſs es fossil wird; also bei einem Sedimentgestein: 1) die Trockenlegung des unter Wasser entstandenen Sediments, 2) die Verkittung der lockern Partikelchen zum festen Gestein, 3) die Entsalzung der marin entstandenen Felsen &c. Mit Bezug auf den oben erwähnten Fall würden wir dann unter Metamorphose die Anreicherung des Kalkes mit Magnesia, die Faltung der ursprünglich horizontal liegenden Schichten &c. zu verstehen haben.

Es gehört nun zu den notwendigsten und zugleich schwierigsten Aufgaben der Lithologie, die primären Eigenschaften eines Gesteins von den durch Diagenese oder Metamorphose entstandenen scharf zu trennen, denn nur die erstern können uns das Problem erklären, wie und wo das betreffende Sedimentgestein gebildet worden ist.

Eine groſse und gründliche Kenntnis rezenter Sedimente und ihrer Eigenschaften ist daher notwendige Voraussetzung jeder Untersuchung über die Entstehung eines fossilen Sedimentgesteins.

Betrachten wir von diesem Gesichtspunkte aus die im Vorhergehenden beschriebenen verschiedenartigen Sedimente, so muſs es uns auffallen, wie mannigfaltig die Ablagerungen sind, welche im Gebiet der Palkstraſse als gleichzeitige Facies gebildet wurden. Wir sehen zuerst, welcher Gegensatz besteht zwischen den eigentlichen organogenen Riffsedimenten einerseits, und den klastischen Sanden, welche mit ihnen wechsellagern und sie als heteropische Facies vertreten, anderseits.

Die Bänke der Adamsbrücke und des Untiefenzuges zwischen Point Calymene und Point Pedro bestehen aus grobem Quarzsand, die dazwischen eingeschlossene Fläche der eigentlichen Palkstraſse ist mit feinem Schlamm erfüllt, und als isolierte Kalkstöcke erheben sich aus diesen Sedimenten die Korallenriffe. Das Riff wiederum baut sich auf aus sehr verschiedenartigen Sedimenten, den massigen Porites und Astraea, den ästigen Madrepora, Pocillopora &c., dem Füllsand, der aus zerbrochenen Muschelschalen entstand, und endlich aus Bänken von Kalkalgen.

Die ursprüngliche Mannigfaltigkeit dieser gleichzeitigen Gebilde wird aber noch ge-

steigert durch sekundäre diagenetische Vorgänge, welche hier das Riffgestein mit grauem Sinter cementieren, so dafs ein maschiges Korallengestein entsteht; welche dort eine vollkommen dichte, lückenlose Korallenbreccie bilden, die von hoher Festigkeit ist und mit muscheligem Bruche springt. Es würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten, wollte ich die Diagenese der einzelnen fossilen Riffstrecken im einzelnen diskutieren und den Gründen nachspüren, welche so lokale Verschiedenheiten erzeugten. Von Wichtigkeit scheint es mir, auch in diesem Falle zu konstatieren, was von Korallenriffen schon so vielfach hervorgehoben worden ist: dafs nirgends ein gröfserer Facieswechsel beobachtet wird, als in der Nähe von Korallenriffen, ja dafs dieser rasche Wechsel der Facies, die Bildung isolierter organischer Kalkinseln inmitten einer mit klastischen Sedimenten bedeckten Fläche für die Korallenriffe geradezu charakteristisch genannt werden mufs.

## V. Das Wesen der Riffbildung.

Wir haben in dem vorhergehenden Abschnitt auseinandergesetzt, wie mannigfaltig die Beschaffenheit der Sedimente ist, welche mit und in den Korallenriffen der Palkstrafse auftreten. Wir sahen, dafs durch diagenetische Vorgänge die verschiedenen Sedimente noch mehr differenziert und umgebildet wurden. Kalksand, Kalkalgen, Kieselsand, Schlamm fanden wir vergesellschaftet mit lebenden und fossilen Korallenkolonien, und wir erkannten, dafs diese letztern sich in der Regel als isolierte Stöcke aus dem umgebenden Sediment erheben, so dafs nicht nur ein Gegensatz besteht zwischen dem kalkigen Sediment der Korallenkolonien und dem mineralischen Sediment ihrer Umgebung, sondern ebenso sehr zwischen der inselartigen Form der Korallenklippe einerseits, und anderseits dem ebenen Gebiet des umgebenden Meeresgrundes.

Wir sahen auch, dafs manche Felsen des Riffs zwar durch die Thätigkeit lebender Korallen gebildet, aber späterhin durch Diagenese so verändert wurden, dafs es schwer hielt, die korallogene Entstehung am Handstück nachzuweisen. Es fügte sich diese Beobachtung ein in die grofse Reihe jener Angaben andrer Forscher, wonach die durch Korallen gebildeten Rifffelsen oft so intensiv verändert werden, dafs eine fast strukturlose Kalkmasse entstand.

Fast jede Beschreibung eines fossilen Riffs enthält solche Angaben. Wir lesen bei Semper[1]): „Auf Luzon zeigt der Korallenkalk an der Küste oder weit entfernt von ihr eine äufserst dichte, meist körnige, selten muschelige Struktur; schon in solchen nur 1′ über dem Meer erhabenen Felsen ist oft alle Korallenstruktur verschwunden, so dafs nur das Verfolgen derselben in die noch lebenden Teile Aufschlufs über ihre Entstehung gibt; aber die eigentümlich zackige und zugleich abgeschliffene Oberfläche jedes noch so kleinen zu Tage tretenden Blocks dieses Korallenkalks gibt ihm ein so charakteristisches Ansehen, dafs es unmöglich ist, sich über die Natur desselben zu täuschen. Diese so rasche Umwandlung des lebenden Korallenfelsens in dichten Kalkstein mufs äufserst vorsichtig machen bei der Beurteilung des Alters so hoch über dem Meere erhabener Korallenriffe."

Dana[2]) gibt viele entsprechende Beispiele: „Das Gestein des äufsern Riffs bietet auf dem Querbruch ein dichtes Gefüge. In einigen Teilen besteht es aus Korallenbruchstücken, gerundet oder eckig, von ziemlicher Gröfse und fest verkittet. Andre Teile bestehen aus feinerer Korallenbreccie oder einem Korallenkonglomerat. Endlich andre, noch häufigere Arten sind feste weifse Kalke, so dicht und homogen, wie alte Kalke unsres Kontinents."

Bei dieser Umwandlung werden verschiedene Korallengattungen verschieden rasch metamorphosiert. So schreibt Guppy[3]):

„Die porösen und feinzelligen Korallen, wie Porites, verlieren zuerst ihre charakteristische Struktur. Gewöhnlich gehen sie über in ein drusiges Stadium, wo sie einen zuckeräh-

[1]) Zeitschr. f. Allg. Erdkunde. Berlin 1862, S. 85. — [2]) Corals and Coral Islands 1872, S. 138. — [3]) Guppy, Solomon Islands, S. 73.

lichen Habitus besitzen; endlich werden sie durch die beständige Durchsickerung mit kalkhaltigem Wasser vollkommen dicht und bieten dann dem Auge keinerlei Struktur dar."

Ich habe an den grofsen Poritesstöcken mehrfach dieselbe Beobachtung gemacht und manches Handstück geschlagen, dem man nur mit Mühe ansieht, dafs es ein Korallenkalk ist.

Guppy berichtet[1]) vielfach von kompaktem fawn-coloured limestone, den er auf den Korallenriffen der Salomo-Inseln fand und in welchem keinerlei korallogene Struktur zu erkennen war.

Ich könnte noch viele ähnliche Angaben hinzufügen, welche alle lehren, dafs Teile eines Korallenriffs aus kompaktem, strukturlosem Kalk bestehen, und dafs es in solchen Fällen schwer oder unmöglich ist, die Riffnatur des betreffenden Kalklagers aus seinen organischen Einschlüssen zu erkennen.

Unter solchen Umständen wird es schwer, die Frage zu beantworten: Woran erkennt man ein Korallenriff und was sind seine wesentlichen Charaktere?

Die alten Seefahrer, welche zuerst das Wort Riff anwandten, bezeichneten damit eine unter Wasser befindliche felsige Klippe, welche der Schiffahrt Gefahr bringt. Forster[2]), meines Wissens der erste Deutsche, welcher diesen Ausdruck der Nautik in die Wissenschaft eingeführt hat, sagt: „Rief (reef) nennt der Seemann eine Felsenkette, welche in einiger Entfernung von der Küste eines Landes aus der See herausragt und worüber die Wellen spülen."

In Übereinstimmung hiermit wird auch bis zum heutigen Tage auf den englischen Admiralitätskarten jede derartige submarine Klippe als „reef" bezeichnet. Die langen „reef"-Züge, welche den Hafen und die Inseln der Bucht von Bombay säumen, sind z. B. Trappfelsen, welche, durch Abrasion angesägt, ein bei Ebbe trockenliegendes felsiges Vorland bilden.

Aus alledem geht also hervor, dafs es nicht ein genetischer oder ein petrographischer Charakter ist, welcher das Wesen eines Riffs bezeichnet, sondern eine topographische Eigenschaft: Ein Riff ist eine isolierte Felsenklippe, welche sich aus tieferm Wasser bis nahe an die Meeresoberfläche erhebt. Es besteht also ein Gegensatz zwischen der inselartigen Form des Riffs und der ebenen Oberfläche des umgebenden Meeresgrundes.

Wenn wir jetzt den Niederschlag von Sedimenten auf einem riffbedeckten Meeresboden berücksichtigen, so erkennen wir, dafs die Sedimentation hier einmal auf der tiefern Fläche des ebenen Meeresgrundes und zweitens auf der Höhe der einzelnen Riffe ebenso wie auf den steilen Böschungen ihrer Flanken gleichzeitig, aber in verschiedenem Niveau erfolgt.

Dieser Niveau-Unterschied ist häufig nur ein geringer, so dafs der Abfall an der Riffkante nur wenige Meter beträgt; aber der Steilrand ist in der Mehrzahl der Fälle vorhanden. Wo[3]) das Wasser vollkommen ruhig ist, wie innerhalb einer Lagune, wachsen die Riffe meistens senkrecht auf und hängen zuweilen selbst über ihre Basis über. Der Abhang[4]) ist bald steil und jäh, ja mit oft weit überhängendem Klippenrande, bald senkt er sich allmählich oder terrassenförmig gegen den Grund des Tiefmeeres herab, welcher durchschnittlich 5—8 Klafter unter der Riffläche liegen mag, so dafs der sandige Grund unmittelbar vor der Klippe noch meist für das Auge erreichbar ist; er senkt sich aber fort und fort, und wenige Schritte vor dem Abhang nach einwärts blickt man nur in, für das Auge unergründbare blaue Tiefen. Der Winkel solcher Korallenriffböschungen ist oft ein sehr bedeutender. Dana berichtet[5]) von 33° 41′ in der Phönixgruppe, ja sogar von 53° 8′ an Danger Island. Die Lotungen der Gazelle[6]) ergaben überall nach der See zu einen sehr steilen Abfall der Korallenriffe, der obere Rand zeigte sich namentlich nach der Wetterseite zu oft über den Untergrund hervorragend. Gewöhnlich fand sich ein senkrechter Abfall bis auf

[1]) A. a. O., S. 12, 14, 19. — [2]) Bemerkungen auf einer Reise um die Welt, S. 12, Anmerkung. — [3]) Darwin, Korallenriffe, S. 24. — [4]) Klunzinger, Bilder aus Oberägypten 1878, S. 360. — [5]) American Journal of Science 1885, II, S. 95. — [6]) Studer, Verh. des II. deutschen Geographentages 1882, S. 24.

30—50 Faden (55—90 m), dann aber folgte eine Böschung von 40—60° auf gröfsere Tiefen zwischen 1000 und 2000 Faden (1800—3700 m), in der Tongagruppe in 900 bis 1000 Faden (1650—1800 m) Tiefe. Dafs daneben auch sanftgeneigte Riffböschungen vorkommen, brauche ich wohl nicht besonders hervorzuheben. Agassiz [1]) berichtet: „Die sehr sanfte Abdachung des Honolulu-Riffs ist eine seiner hervorstechendsten Eigenschaften".

Mag also dieser Neigungswinkel ein flacher oder steilerer sein, in der Regel erhebt sich das Korallenriff merklich über den umgebenden Seeboden und individualisiert sich auf diese Weise als eine topographische Einheit.

Ein beständiger Kranz weifsaufschäumender Wellen bezeichnet überall den Aufsenrand des elliptischen Korallenriffs, welches die Bermudas umgibt. Nach aufsen fällt dasselbe steil, wie die Böschung eines vulkanischen Kegels, bald zu bedeutenden Tiefen ab, während sich nach innen die friedliche Lagune anschliefst [2]).

Viel auffallender wird diese Erscheinung, wenn wir an der Hand der Seekarten und der Schilderungen das Korallengebiet des pazifischen Ozeans betrachten. Dann sehen wir auf dem Profil durch einen riffbedeckten Meeresteil einen ebenen Meeresboden, aus dem sich mit oft 45° Neigungswinkel 1000 m hohe Riffe erheben. Wir erkennen auch sofort, dafs in einem relativ engen Gebiet nebeneinander in 1000 m verschiedenem Niveau gleichzeitig Sediment gebildet wird.

Mag der Kern dieses Korallenriffs aus einem Granitfelsen, einem Vulkankegel oder aus Korallenkalk gebildet werden, es ist das ohne Einflufs auf die rein empirische Thatsache, dafs in einem Riffgebiet das Sediment nicht auf weite Flächen in ebenen Schichten ausgestreut wird, sondern dafs es in beträchtlich verschiedenem Niveau abgelagert wird. Diese Thatsache trifft für jedes Riffgebiet zu und ist unabhängig von dem petrographischen Charakter eines Riffs.

Wir müssen also vom geologischen Standpunkt als zweiten, sekundären Charakter eines Riffs hervorheben, dafs Sedimente auf der Oberfläche des Riffs und am Grunde des umgebenden Meeres in verschiedenem Niveau, aber gleichzeitig gebildet werden.

Ehe wir in unsern Betrachtungen weitergehen, müssen wir aber jetzt die petrographische Beschaffenheit der Korallenriff-Sedimente näher ins Auge fassen.

Schon früher haben wir auf die allbekannte Thatsache hingewiesen, dafs Korallenriffe gewöhnlich isolierte Kalkinseln auf einer mit klastischen Sedimenten bedeckten Fläche darstellen, und die organische Entstehung des Kalksediments ist ja eins der charakteristischsten Merkmale eines Korallenriffs; deshalb definiert Dana [3]) folgendermafsen: „Ein Korallenriff ist ein Kalklager, gebildet durch Korallen unter Mithilfe von Schalen".

Dana weist in dieser Definition darauf hin, dafs die Korallen zwar das Riff bilden, dafs aber das Riff nicht nur aus Korallen besteht, sondern dafs zwei Sedimente sich am Bau eines Riffs beteiligen: erstens die lebenden Korallenstöcke, zweitens der organische Kalksand, entstanden aus Muscheln und andern Hartgebilden.

Betrachten wir zuerst die Bildung des letztern:

Der Kalksand, welcher die meisten Lücken zwischen den weiterwachsenden Korallenästen anfüllt, wird gebildet durch die Skelette jener unzähligen Tiere, welche auf und zwischen den Korallen leben. Bekanntlich gibt es eine grofse Zahl von Tiergattungen, welche biologisch vergesellschaftet sind mit Riffkorallen, so dafs Fischer [4]) in seiner Beschreibung der Province indo-pacifique sagt: „Man kann sagen, dafs die Verbreitung der Meeresmollusken an das Vorkommen der in dieser ganzen Provinz so häufigen korallinischen Barriere- und Riffbildungen gebunden ist, und dafs überall, wo man Polypen findet, auch eine durch gemeinsame Arten charakterisierte malakologische Fauna sich zeigt".

[1]) Agassiz, Bull. Comp. Zool. Cambridge, XVII, Nr. 3, S. 156. — [2]) J. J. Rein, Verb. des 1. deutschen Geogr.-Tages. Berlin 1881, S. 33. — [3]) Corals and Coral Islands 1875, S. 299. — [4]) Manuel de Conchiliologie, S. 156.

Genau, wie viele Molluskengattungen biologisch aufs engste mit den Riffkorallen verknüpft sind, so leben auch viele andre kalkschalige Tiere in und auf Korallenriffen: Foraminiferen, Spongien, Echinodermen, Bryozoen, Brachiopoden, Krebse, Fische &c. finden hier ihre Nahrung.

Die Mehrzahl dieser Tiere lebt in einer Art Symbiose mit den Riffkorallen, sie finden nur zwischen den Korallenstöcken die für ihr Gedeihen günstigen Bedingungen.

Nach dem Tode bleibt die mit der Leiche der Tiere erfüllte Schale auf dem Riff liegen, und jetzt stürzen sich jene unzähligen Krebse und Krebschen, die jedes Riff bevölkern, darüber her. Wie Keller treffend hervorhebt, sind diese Krebse die natürliche Gesundheitspolizei des Meeres. Sie beginnen mit ihren Kaufüfsen die Weichteile aus der Schale herauszuholen, und ihre Scheren dienen ihnen als kräftige Zangen, um die Schalen zu zerbrechen und zu öffnen. Wie ich [1]) früher schon beschrieben habe, wird der scharfkantige Kalksand auf dem Riff wesentlich durch diese Thätigkeit der Krebse gebildet.

Ich habe jüngst aber gefunden, dafs diese Beobachtung schon früher gemacht und publiziert worden ist. Verill [2]) schreibt von der neuenglischen Küste: „An manchen Stellen des Meeresbodens finden sich grofse Anhäufungen ganzer und zerbrochener Konchylien.... Die zerbrochenen Schalen sind wohl von Krabben und andern Krebsen erbeutet worden, welche feste Scheren haben, um die Schalen zu zerbrechen ... auch manche Fische zerbrechen die Muscheln, ehe sie dieselben verschlingen, so dafs beide, Krebse und Fische, zweifellos mitgeholfen haben, um jene zerbrochenen Schalen aufzuhäufen, welche oft in seichtem wie in tiefem Wasser reichlich über den Meeresboden ausgestreut sind."

„Grofse [3]) Scharen zweier Spezies von Scarus, die eine die Brandung aufserhalb des Riffs, die andre die Lagune bewohnend, leben gänzlich vom Abweiden der lebendigen Korallenstöcke. Ich öffnete mehrere dieser Fische, welche sehr zahlreich und von beträchtlicher Gröfse sind, und fand ihre Eingeweide durch kleine Stückchen von Korallen und feinzermahlener kalkiger Substanz ausgedehnt. Nach den Beobachtungen von Dr. J. Allan leben die Holothurien von lebendigen Korallen, und das eigentümliche, knochenartige Gebilde innerhalb des vordern Endes ihres Körpers scheint sicherlich diesem Zweck gut angepafst zu sein. Die Zahl der Spezies von Holothurien und der Individuen, welche auf jedem Teile dieser Korallenriffe herumschwärmen, ist aufserordentlich grofs. Die Menge Korallen, welche jährlich durch diese Geschöpfe und wahrscheinlich noch durch viele andre Arten verzehrt und zu dem feinsten Schlamm gemacht werden, mufs ungeheuer sein."

Dafs dieser Vorgang nicht der einzige Weg ist, durch welchen am Meeresgrund ein scharfkantiger Muschelsand erzeugt wird, bedarf keiner besondern Erwähnung. Ich verdanke Herrn Dr. Molengraff in Amsterdam folgende interessante Mitteilung [4]): „An den westindischen Inseln, wo durch den regelmäfsigen Passatwind die Brandungswellen aufserordentlich kräftig sind (z. B. auf St. Eustatius), ist die Küste vielerorts mit vom Wellenschlag fast zu Kugeln abgerundeten Andesitblöcken u. ä. bedeckt, welche von jeder kräftigen Welle mit ungeheurer Gewalt übereinander gerollt werden. In stillen Nächten hört man diese riesige natürliche Zerreibungsmaschine stundenweit. Die zermalmende Kraft dieser Blöcke ist sehr grofs, und der sehr feine, aber eckige Muschelsand (teilweise mit Magneteisen- und Titaneisensand gemischt) zwischen diesen Blöcken wird auf die angegebene Weise gebildet."

Diese Erklärung scheint mir besonders zuzutreffen für solche Kalksteine, in denen noch die abgerollten Mahlblöcke eingeschlossen sind, Gesteine, wie sie z. B. Guppy [5]) von der Insel St. Christoval beschreibt.

So berichtet auch Agassiz [6]): „Eine sehr charakteristische Bildung, die sich nur an den Küsten vulkanischer Inseln findet, die mit Korallenriffen gesäumt sind, ist der sonderbare Puddingstein, gebildet aus gerundeten und gerollten vulkanischen Steinen, . . . . sie

---

[1]) Korallenriffe der Sinaihalbinsel; Leipzig 1888, S. 42. — [2]) American Journal of Science 1882, II, S. 450. — [3]) Darwin, Korallenriffe, S. 14. — [4]) Brief vom 22. Novbr. 1888. — [5]) The Solomon Islands, London 1887, S. 14. — [6]) A. Agassiz, Bull. Mus. Comp. Anat. Cambridge, XVII, Nr. 3, S. 146.

sind mit einander verkittet durch Korallenkalk, bisweilen nur ein einziger Stein in einer Masse von weifsen Korallen, oder das cementierende Material füllt nur die Zwischenräume aus und hält die Steine zusammen."

Für die Thätigkeit solcher Mahlblöcke ist aber eine gröfsere ebene Fläche am Meeresgrund Voraussetzung, und auf einem von Höhlen und Cavernen durchzogenen Riff wird der Muschelsand mehr durch Raubtiere gebildet.

Bekanntlich gibt es grofse, mit Kalksand bedeckte Gebiete am Meeresgrund, deren Sediment ähnlich entstanden ist, z. B. die kalkbedeckten Flächen des Pourtalès-Plateau, oder die Kalksandlager im Golfe von Neapel, die man nicht als Riffe bezeichnet. Was unterscheidet ein solches Kalksandlager von einem Korallenriff, das ja auch zum grofsen Teil aus Kalksand besteht?

Die gröfsere oder geringere Meerestiefe ist ohne wesentliche Bedeutung; auch der zoologische Unterschied ist gering; denn mag ein Korallenlager durch Cölenteraten oder durch Mollusken gebildet werden, in beiden Fällen ist es durch die Thätigkeit von Organismen entstanden. Unterscheidend ist also blofs die Konfiguration des Meeresbodens, der in dem einen Fall mit ebenen Schichten von Kalksand überstreut ist, im andern Fall isolierte Kalkinseln trägt, in welchen der Kalksand lokalisiert zusammengehalten wird.

Dana[1]) sagt: „Der Verlust des Riffgrundes durch Wegführung von Kalksand in die benachbarte Tiefsee kann nur sehr gering sein".

Es mufs also eine Kraft existieren, welche den Kalksand zurückhält, welche verhindert, dafs er sich in ebenen Schichten weit verbreite. —

Wir kehren jetzt zu dem abgerissenen Faden unsrer vorherigen Betrachtungen zurück, wo wir festgestellt hatten, dafs die eben erwähnten beiden Sedimente eines Korallenriffs, die Korallenstöcke und der Kalksand, in einem verschiedenen Niveau, hoch über dem ebenen Meeresgrund der Umgebung, abgelagert wurden, und legen uns jetzt die Frage vor: warum bleibt auf der von bewegtem Wasser umgebenen Riffklippe das dort gebildete Sediment liegen, warum wird es nicht in die umgebenden tiefern Gründe herabgeschwemmt und dort über eine weite ebene Fläche als dünne Schicht ausgebreitet?

Dafs die Korallenstöcke auf felsigem Boden gern wachsen, und dafs sie hier festwurzeln, ist eine oft betonte Thatsache. In einer frühern Arbeit[2]) habe ich gerade diese Frage behandelt und festgestellt: Die fossilen, und wahrscheinlich auch die lebenden Korallenriffe der Sinaihalbinsel sitzen auf Schichtenköpfen fester Sedimentgesteine, sie fehlen auf den weicheren und bröckeligen Küstengesteinen der Sinaihalbinsel. Später habe ich in Thurstons[3]) und Sluiters Abhandlung[4]) Angaben gefunden, welche vor einer Verallgemeinerung obigen Satzes warnen und zeigen, dafs die Natur auch Mittel findet, um mitten im Schlammgebiet Korallenkolonien entstehen zu lassen:

„In dem westlichen Teil der Bai von Batavia liegen etwa 30 gesonderte Koralleninseln und -riffe. Unter diesen kommen alle möglichen verschiedenen Stadien vor, von den ersten Anfängen eines Riffs, das sich noch gar nicht über den angrenzenden Meeresboden erhebt, bis zu den dicht bewaldeten Inseln mit Barriereriffen.

Die Frage, welche sich hierbei wohl zuerst aufdrängt, ist: Wie siedeln sich die jungen Korallen zuerst auf dem Schlammboden an? Gewöhnlich stellt man sich doch vor, dafs

[1]) Corals and Coral Reefs, S. 215.

[2]) Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel; Abh. d. K. S. Gesellsch. d. Wissensch. Leipzig 1888, S. 62.

[3]) Thurston berichtet, dafs auf den Schalen von Perlmuscheln häufig Korallen wachsen (a. a. O., S. 22). »Ich fand die Oberfläche von einer grofsen Zahl von Schalen, sowohl toten wie lebenden, bedeckt und oft geradezu überzogen von zarten, verästelten Madreporen oder Pocilloporen, oder den mehr massiven Astraea, Coeloria, Hydrophora, Galaxea. Ein Exemplar von Galaxea, die eine einzelne Perlmuschelschale inkrustierte, wog mehr als 5 oz. 15 d.«

[4]) Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indië, Bd. XLIX, S. 363.

Korallen sich nur auf felsiger oder irgendeiner festen Unterlage aufbauen. Es kommen nun aber weder felsige Stellen in der Bai vor, noch auch solche Anhäufungen von Muschelschalen oder dergleichen, dafs daraus eine feste Bank als Untergrund für das Riff hervorgehen könnte.

Es liegen aber auf dem Schlamm des Meeresbodens stets kleinere und gröfsere Steine, und bei den zahllosen Dredgungen, welche ich in der Bai von Batavia ausgeführt habe, ist es mir wiederholt aufgefallen, dafs auf diesen Steinen junge Kolonien von Korallen aufgewachsen waren. . . . Nach dem Ausbruch des Krakatau im August 1883 habe ich öfters in der Javasee Bimssteinbrocken gedredgt, auf denen Kolonien von Madrepora arbuscula (Dana), Porites mucronata (Dana), Montipora stilosa (Ehrenb.) und Montipora lima (Lmk) sich angesiedelt hatten. Schon im Jahre 1885 fand ich auf diese Weise Madreporen mit Ästen von 7 cm Länge und Montiporen, welche schon Krusten von etwa 1 dcm Oberfläche bildeten. Auf noch schwimmenden Bimssteinstücken habe ich jedoch niemals junge Korallen angesiedelt gefunden.

In der Bai von Batavia, zwischen den Koralleninseln Enkhuizen und Leiden, fand ich ein kleines Riff, das sich aus dem 10 Faden tiefen Schlammboden nur wenig erhoben hatte und noch von einigen schlammbewohnenden Tieren besiedelt war. . . .

Ein etwa 2 Faden mächtiges, etwas älteres Riff liegt zwei Seemeilen östlich vom Hafen von Tandjong Priok. Der Durchmesser solcher Riffe schwankt zwischen 20 und 200 m. . . .

Wenngleich diese Inseln sich nun auch von der mittlern Meerestiefe aus aufgebaut haben, so sind sie doch im Laufe der Zeit durch das grofse Gewicht der weiterwachsenden Korallen allmählich in den mehr oder minder weichen Schlammboden hineingesunken; sie haben sich, um einen Vergleich mit Hafenbauwerken zu machen, ihr eignes Fundament geschaffen.

Auf der Insel Onrust liefs sich feststellen, dafs der Korallenfelsen 7 m tief in den Schlammboden hineingesunken ist, bei einer Mächtigkeit des Korallenkalks von 20 m."

Ich habe diese Mitteilungen Sluiters in einiger Vollständigkeit gebracht, weil sie für geologische Betrachtungen von grofser Bedeutung sind, weil sie den oben festgestellten Gegensatz zwischen Riffsediment und umgebendem Schlammboden wiederum belegen und die petrographische und topographische Individualität der Riffe erläutern.

Die Thatsache, dafs sich die jungen Korallen auf Bimssteinen mitten im Schlamm ansiedeln, scheint gegen die vielverbreitete Ansicht von dem festen Untergrund eines Riffs zu sprechen. Aber dieser Widerspruch ist nur ein scheinbarer, denn thatsächlich ist es ja eine feste Stelle mitten im weichen Schlamm, welche zu einer Riffbildung Anlafs gibt.

Wir finden also auch hierdurch wiederum bestätigt, dafs die Korallen auf einer festen Unterlage aufwachsen und wurzeln.

Semper[1]) sagt: „Die im tiefern Wasser lebenden Korallen sind so fest aneinander gefügt, dafs es nur schwer gelingt, gröfsere Stücke von ihnen loszureifsen", und wer jemals auf Korallenriffen sammelte, der hat vielfältige Erfahrungen, wie fest die Korallenstöcke meist aufgewachsen sind. Es ist daher leicht verständlich, warum die in einem höheren Niveau, als der umgebende Meeresboden, gebildeten Korallenstöcke nicht von den Wellen herabgespült und auf dem ebenen Meeresgrund ausgebreitet werden.

Etwas schwieriger wird es aber, zu untersuchen, weshalb der zweite Typus der Riffsedimente, nämlich der Muschelsand, die zerbrochenen Echinodermenschalen, die Foraminiferengehäuse &c., auf der Oberfläche des Riffplateaus liegen bleiben. Dafs sie zum Teil hinabgeschwemmt werden, ist durch die Sondierungen in der Umgebung von Riffen festgestellt, aber warum ein grofser Teil hier liegen bleibt, das ist zu untersuchen. Die Wellen

[1]) Semper, Die Palau-Inseln 1873, S. 84.

brechen sich mit großer Gewalt an der Riffkante, Woge auf Woge schwemmt gewaltige Fluten schäumend über die Oberfläche des Riffs, und doch liegt zwischen den einzelnen Korallenstöcken eine grofse Masse feineren und gröberen Sandes, den die strömenden Fluten nicht in das umgebende Meer hinabspülen.

Das Problem erklärt sich sehr einfach dadurch, dafs die Mehrzahl der Riffkorallen aus ästigen, vielverzweigten Stöcken bestehen. Wenn auf der Oberfläche einer Coeloria oder eines kompakten Poritesstockes eine von einem Krebs zerbrochene Muschelschale in kleinen Fragmenten liegt, so wird sie von der leisesten Wasserbewegung herabgespült und rollt über die Riffkante hinab in den tiefern Meeresgrund. Dort breiten die Wellen den Muschelsand über eine ebene, weite Fläche aus und bilden, geologisch gesprochen, eine dünngeschichtete Kalkablagerung.

Fällt aber eine Muschelschale zwischen die Äste einer Madrepora, wurde sie von einem Raubfisch auf der Oberfläche einer Pocillopora zerbrochen, dann fallen die Fragmente sofort zwischen die Korallenäste, klemmen sich dort fest, und keine Brandung vermag sie aus ihrem sichern Versteck herauszuholen.

Im Westindischen Archipel beobachtete Weinland[1]) folgende Stadien der Inselbildung: 1) Massige Asträen 16—7 Faden; 2) Mäandrinen 7—2 Faden; 3) Madreporen und Milleporen 2—0 Faden. „Diese letztern, stark verzweigten Korallen sind aber nun äufsert geeignet, allen Sand und Muschelschalen und alle von der Tiefe heraufgeworfenen Korallenstöcke und den Detritus zwischen ihren zackigen Gabeln und Fächern festzuhalten, und so bildet sich am Ende eine Sandbank, auf der die Mangrove-Frucht Wurzel fassen kann, und damit ist der Grund gelegt zur terra firma.“

„Weil[2]) die Gezeitenwellen eine landeinwärtswirkende Kraft ausüben, wird der Korallensand meist auf dem Riffe angehäuft und geht nicht verloren in den gröfseren Tiefen des Ozeans; die grofsen ozeanischen Ströme, wie z. B. der Golfstrom, mögen zwar das leichtere Material auf weite Entfernung verschleppen, wenn sie mit voller Kraft auf die Riffküsten stofsen, aber es ist im allgemeinen sicher, dafs solche Ströme selten nahe der Küste vorkommen. Viele Thatsachen scheinen vielmehr darauf hinzuweisen, dafs in der Mehrzahl der Fälle die Riffe nur wenig Kalksubstanz dem tiefen Ozean zuführen.“

Nun wissen wir, dafs ein grofser Teil des Riffkalks aus Kalksand besteht; nach meinen Untersuchungen am Roten Meer (a. a. O., S. 64) bestehen zwei Fünftel der Riffmasse aus Korallenstöcken und drei Fünftel aus dazwischengestreutem Kalksand. Es wird also ein wesentlicher Teil des Riffsediments nur dadurch zum Riffsediment, dafs ästige Korallen den Sand vor dem Wegspülen seitens der Wellen schützen. Die Beantwortung der oben gestellten Frage: warum die Kalksande auf dem Riffplateau liegenbleiben und in den Verband des Riffs aufgenommen werden können, fällt uns jetzt leicht — wir finden die Ursache hierfür in dem ästigen Gefüge vieler Korallengattungen, welche das zwischen ihnen gebildete klastische Sediment bewahren.

Aber wir haben mit dieser Erkenntnis einen tiefern Einblick in das Wesen der Riffbildung gethan. Das, was ein Kalkriff von einem beliebigen sedimentären Kalklager unterscheidet, ist die Lokalisierung des kalkigen Sediments auf einen engbegrenzten Raum. Dieses Zusammenhalten des Kalksandes, seine lokale Anhäufung im Gegensatz zu einer flächenhaften Ausbreitung, wird bedingt durch die ästigen Korallen, welche wie ein Zaun, wie eine Reufse den Kalksand umgeben und verhindern, dafs er zerstreut wird. Und gerade die ästigen Korallen, die Madrepora, die Pocillopora, die Millepora, wachsen an der Aufsenseite des Riffs. Sie umziehen den Hügel von Kalksand, sie schützen ihn gegen die Angriffe der Wogen, sie bedingen es, dafs ein Korallenriff vertikal in die Höhe wächst und dafs das Sediment nicht horizontal weit verbreitet wird.

[1]) Weinland, Neues Jahrbuch f. Mineralogie 1860, S. 214.
[2]) Dana, Corals and Coral Islands 1872, S. 143.

Aus alledem folgt, daſs die ästigen Korallen die besten Riffbildner sind. Das Wesen der Riffbildung beruht im Sandfangen. Genau wie bei der Bildung des chinesischen Löſses, und vieler ähnlicher Ablagerungen in Europa, der zarte vergängliche Rasen den darauf gefallenen Staub festhält und, dazwischen hindurchwachsend, ein sich immer mehr erhöhendes Lehmlager bildet, genau so verhalten sich die ästigen Korallen auf einem Riff zu dem dort gebildeten Kalksand. Alles herbeigeschwemmte, ebenso wie das auf der Riffoberfläche erzeugte detritogene Sediment wird durch die ästigen Korallen gefangen und auf engem Raum lokal aufgehäuft. Das ewig bewegte Meer sucht seine Sedimente auf weite Flächen gleichmäſsig auszubreiten, die Korallen arbeiten dem entgegen, halten den Kalksand auf begrenztem Raum zusammen und bilden dadurch isolierte Kalkinseln.

Es ist leicht verständlich, daſs eine ästige Madrepora in der gleichen Zeit eine viel gröſsere Kalkmenge produziert und das Riffwachstum viel energischer steigert, als eine Coeloria. Denn wenn wir annehmen, daſs beide Arten in der Zeiteinheit 1 Kubikfuſs Kalk organisch ausscheiden, so ist der Zuwachs, der durch eine Coeloria dem Riff gebracht wird, 1 Kubikfuſs. Dieselbe Kalkmasse ist aber im ästigen Madreporaskelett auf einen viel gröſsern Raum verteilt; die 1 Kubikfuſs Kalkmasse durchzieht mit ihren Ästen etwa einen Raum von 3 Kubikfuſs. Das Mehr sind die Räume, welche zwischen den Madreporaästen offenbleiben. Diese 2 Kubikfuſs Zwischenräume werden nun durch den Kalksand ausgefüllt, den andre Kräfte auf dem Riff erzeugen, der dem Riffwachstum zu gute kommt, obwohl bei seiner Bildung die Riffkorallen nur eine untergeordnete Rolle spielen. Alle Muscheln, Schnecken, Echinodermen, Crustaceenschalen &c. füllen diese Lücken aus und bewirken es, daſs die Madrepora in der Zeiteinheit zwar nur 1 Kubikfuſs Kalk organisch ausscheidet, aber die Masse des Riffs um 3 Kubikfuſs vermehrt.

Eine massige Koralle wächst und vergröſsert durch ihr bloſses Wachstum das Riff, eine ästige Koralle vergröſsert das Riff auſserdem durch den Sand, den sie zwischen ihren Ästen ansammelt, deshalb ist sie eine viel bessere Riffbildnerin als jene. Sie arbeitet mit Unterstützung der groſsen Schar der kalkbildenden Tiere, während die massigen Korallen nur durch ihre organisch ausgeschiedene Kalkmasse wirken. Die so zerbrechlichen Madreporen, welche die Klippen des Korallenriffs umgeben, lehren uns, daſs es bei der Riffbildung wesentlich darauf ankommt, daſs lokal Sediment aufgehäuft wird. Ob dieses durch rasche Verkittung an der Oberfläche erreicht wird, wie durch die überrindende Thätigkeit zarter Kalkalgen und Bryozoen, oder durch netzartig zusammenhängende Korallenstöcke, ist gleichgültig. Das Sediment in der Tiefe kann sogar noch lange locker bleiben, wenn nur das Zusammenhalten des Sandes an der Oberfläche garantiert ist.

Der Unterschied beider Korallenarten kommt besonders deutlich zum Ausdruck, wenn man die Zahlen vergleicht, welche über das Wachstum verschiedener Korallen gewonnen worden sind und von Dana[1]) zusammengestellt wurden. Danach beträgt das Wachstum von

Maeandrina sp. nach Hunt. 6 Zoll in 12 Jahren.
Oculina diffusa 4 „ „ 14 „
Maeandrina clivosa $^{1}/_{6}$ „ „ 14 „

Dagegen zeigen die ästigen Korallen ein ungemein viel stärkeres Wachstum:

Madrepora cervicornis nach Weinland 3—5 Zoll in 3 Monaten.
Madrepora sp. nach Whipple 3 Zoll in 1 Jahr.

Also im Durchschnitt wächst eine ästige Korallenkolonie als Riffbildnerin mehr als zehnmal so rasch als eine massige Koralle.

Selbst wenn wir unsrer Vergleichung die Maximalgeschwindigkeit des Wachstums einer massigen Koralle und die Minimalgeschwindigkeit desjenigen einer ästigen Koralle zu Grunde legen, so erhalten wir für die letztere immer noch eine sechsmal gröſsere Intensität.

[1]) Dana, Corals and Coral Islands 1875, S. 97—100.

Wir lesen dasselbe bei Dana[1]): „Madreporen wachsen zweifellos viel schneller als die massiven Korallen“.

Man kann mit denselben Baumstämmen, mit denen sich nur ein kleines Blockhaus bauen läſst, ein bedeutend gröſseres Haus in Fachwerk aufführen; ebenso baut sich ein Riff viel intensiver aus ästigen Korallen auf, denn diese wachsen mit Unterstützung des Kalksandes und vergröſsern das Riff in viel rascherm Tempo als die massigen Gattungen, welche es verschmähen, Sand zu fangen, und die nur durch ihren eignen Körper das Riff zu vergröſsern im stande sind.

Man wundere sich also nicht, wie die zarten, zerbrechlichen Madreporiden oder Milleporiden (z. B. auf den Bermudas) an der Riffkante bestehen können, denn in ihrer Anwesenheit ist das ganze Rätsel der Riffbildung begründet.

Wir müssen nun diesen Gesichtspunkt auch bei der Definition eines Korallenriffs berücksichtigen, denn nicht jede korallenreiche Ablagerung ist ein Riff, nicht jede auf einem Korallenriff vorkommende Koralle eine Riffbildnerin.

Fassen wir jetzt alles zusammen, was wir über die Definition eines Korallenriffs und das Wesen der Riffbildung festgestellt haben, so kommen wir zu folgendem Schluſs:

Ein Korallenriff ist ein isoliertes, über den Meeresboden sich erhebendes Kalklager, wesentlich gebildet durch ästige Korallen, welche den Detritussand auffangen und verhindern, daſs er sich über den Meeresboden gleichmäſsig ausbreite.

Der Mangel einer horizontalen Gliederung, d. h. Schichtung, der an fossilen Korallenriffen so oft beschrieben und als ein wichtiges Kennzeichen betont worden ist, hängt mit dieser Bildungsweise eng zusammen. Die vertikal durch den Muschelsand hindurchwachsenden Korallen verhindern es, daſs der erstere durch die Bewegung der Wasser schichtenförmig ausgebreitet wird. Sie geben dem Riff ein vertikal gegliedertes Gefüge. Naturgemäſs gibt es alle Übergänge zwischen wohlgeschichteten und ungeschichteten Teilen auf und in einem Korallenriff, aber dieser Charakter wird immer bedingt durch das Überwiegen oder Zurücktreten der, einer horizontalen Gliederung des Sediments entgegenarbeitenden, Riffkorallen.

Und es mag hervorgehoben werden, daſs auch von diesem Gesichtspunkte aus die oben erwähnte Ähnlichkeit der Riffbildung mit der Löſsbildung in beiden Fällen dasselbe Resultat erzeugt. Hier wird durch zarte Gräser, welche Staub fangen und durch denselben hindurchwachsen, eine ungeschichtete festländische Lehmablagerung gebildet, dort am Meeresgrund wird der zoogene Muschelsand durch leicht zerbrechliche Madreporenäste gefangen, und indem dieselben vertikal hindurchwachsen, entsteht ebenfalls eine ungeschichtete Masse von Sediment. Selbst die so zarten Bryozoen — ich erinnere an die von Liebe[2]) beschriebenen permischen Fenestellariffe — sind auf diese Weise im stande, isolierte Kalk- und Dolomitlager zu bilden, welche linsenförmig eingeschaltet sind zwischen andre horizontal geschichtete Sedimente.

Durch die bisherigen Erörterungen werden wir aber auch in den Stand gesetzt, festzustellen, was eigentlich ein riffbildender Organismus ist. Häufig wird in geologischen Abhandlungen Kalkbildung und Riffbildung verwechselt, so daſs man jedes beliebige kalkabscheidende Tier, jede kalkbildende Pflanze für einen Riffbildner erklärt, weil ihre Reste gröſsere Kalkablagerungen bilden helfen. Nach alledem, was wir über das Wesen der Riffbildung festgestellt haben, dürfen wir folgerichtig nur solche Organismen als Riffbildner bezeichnen, welche mit Hilfe von Kalksand lokal begrenzte Kalklager bilden. Hierher gehören die ästigen Korallen, Bryozoen und andere Organismen, welche im stande sind, Sand zu fangen.

---

[1]) Corals and Coral Islands. S. 100,

[2]) Liebe, Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1857, S. 420.

## VI. Höhlenbildung auf dem Riff.

Wer zum erstenmal auf einem Boot über die farbenprangenden Gärten eines Korallenriffs hinwegrudert, oder wer bei Ebbe in dem metertiefen Wasser umherwandernd die Struktur und das Gefüge eines Riffs näher untersucht, dem fallen besonders jene tiefen Lücken ins Auge, welche zwischen den kompakten Korallenfelsen gähnen. Von unregelmäfsigem Umrifs, gebildet durch benachbarte Korallenstöcke, durchziehen sie nach allen Seiten das Riff; bald zeigt die Wassersäule, welche sie erfüllt, vollkommene Ruhe und erlaubt dem Auge, in die blaue Tiefe hinabzudringen, alle die seltenen, buntfarbigen Korallenkolonien, welche die Wände der Rifflücke bekleiden, mit Bewunderung zu studieren und dem Spiel der schöngefärbten Fische zuzusehen, welche sich im Wasser tummeln; bald deutet das Auf- und Niederwogen des Wassers an, dafs die Rifflücke untermeerisch mit der Aufsenseite des Riffs kommuniziert und jede brandende Woge von unten hereindringen kann. In diesen Höhlen lebt am prächtigsten entfaltet die Menge der corallophilen Thiere; stachelige Seeigel sitzen in Vertiefungen versteckt, bunte Seesterne klettern an den Wänden empor, Krebse und Fische spüren räuberisch umher, farbenprächtige Gastropoden kriechen zwischen zarten Algenkolonien.

„In [1]) der eigentlichen Korallenzone des Riffs (bei Kosser) werden die Lücken zwischen den Korallenkolonien, die „Brunnen“, tiefer, schluchtartiger, das Auge kann oft den Grund nicht mehr erreichen, die Ränder sind überhängend. Diese Brunnen kommunizieren vielfach unterirdisch miteinander und mit dem offenen Meere, und dieser Teil der Klippe erweist sich zumeist nur als eine durch Spalten und kraterartige gyröse Löcher gegen die Oberwelt geöffnete Steindecke eines grofsartigen Höhlensystems. Die Wogenbewegung des Tiefmeeres setzt sich, wenn auch gebrochen, durch diese Meereshöhlen fort und bewirkt in den Öffnungen ein in gemessenen Zwischenräumen wiederkehrendes Steigen und Fallen des Wassers, verbunden mit einem furchtbaren cavernösen Gurgeln und Zischen. Schweigt aber der Sturm des grofsen Meeres, so ruht auch das Wasser dieser Höhlenbrunnen, und das Auge dringt, vom sichern Standpunkt auf der Klippe aus, durch nichts gehindert, weit hinab in die klare Tiefe.“

„Im ganzen [2]) verlangt die riffbildende Koralle viel Licht und vielen Sauerstoff zu ihrem Gedeihen; in der stürmischen Brandung ist ihr eigentliches Wohnelement. In den obern Wasserschichten, d. h. in einer Tiefe von 3—10 m, spielt sich das Leben dieser Geschöpfe ab. Schon in 10—12 m Tiefe sind auffallend viele Korallenstöcke abgestorben.

Fast alle Arten sind eigentlich lichthungrig, ihre Tiere bauen fast nur in der Richtung der starken Beleuchtung und lassen einen ausgeprägten Heliotropismus erkennen. Es scheint bisher völlig übersehen worden zu sein, dafs hierin die Ursache liegt, warum die Korallenbank von einem ausgedehnten Höhlensystem durchzogen wird und nicht eine kompakte Masse darstellt. Eine Koralle beginnt zu bauen und breitet sich nach oben möglichst aus; eine benachbarte macht es ebenso, und schliefslich erfolgt eine Berührung, während die Basen getrennt sind. Zwei sich erhebende Korallenfelsen verhalten sich ebenso, und schliefslich führt dies zu einer lakunösen Struktur der ganzen Bank. Doch nicht alle Korallen gehen dem Licht nach, einige ziehen den Schatten vor, wie Fungia Ehrenbergii, die blattartig ausgebreitete Hydrophora Ehrenbergii und die intensiv mennigrote Mopsea erythraea, welche immer sehr tief sitzen oder in den Höhlungen der Korallenbank versteckt sind.“

Das Innere [3]) von Matilda Atoll wird aus Terrassen von Korallengestein gebildet, in dem das Senkblei in Löcher von mehreren Faden Tiefe einsinkt.

[1]) Klunzinger, Bilder aus Oberägypten; Stuttgart 1878, S. 355.
[2]) C. Keller, Reisebilder aus Ostafrika und Madagascar; Leipzig 1887, S. 61.
[3]) Darwin, Korallenriffe, S. 30.

Mr. Whipple beobachtete[1]) in den Fidschi-Inseln auf den Korallenriffen von Turks Island Höhlungen von 200—300 Fufs Breite, gebildet durch Korallenpfeiler von 15 Fufs Durchmesser, welche sich oben in eine tafelförmige Masse von 100 Fufs ausbreiten.

Das Wasser in dem Kanal von Cossol[2]) ist hellblau, obgleich man den Meeresgrund noch nicht erkennen kann; nur mitunter erheben sich aus der Tiefe senkrecht emporsteigende isolierte Felsen bis zu 3—6 Faden von der Oberfläche des Meeres herauf — zum Beweise, dafs Cossol nichts andres ist, als eine unterseeische Fortsetzung der Inselgruppe der Palaus. Wenn man in das Innere des hufeisenförmigen Riffs eindringt, mehren sich diese isolierten Korallenfelsen und verwachsen schliefslich, indem sich der Meeresboden ganz langsam erhebt, mit der innern Seite des eigentlichen Riffs.

Das lebende Riff[3]) zeigt eine sehr unebene Oberfläche und nach allen Richtungen Löcher und Hohlräume; beim toten werden Unebenheiten der Oberfläche durch den darauf geworfenen Detritus mehr geebnet und die Hohlräume und Kanäle ausgefüllt.

Die Entstehung solcher Höhlen wird leicht verständlich, wenn man sich der Baumaterialien erinnert, aus denen, wie wir in den vorhergehenden Abschnitten kennen gelernt haben, ein Korallenriff gebildet wird. Wir sahen, dafs zwei von einander nur indirekt abhängige biologische Faktoren den Bau eines Korallenriffs ausführen. Auf der einen Seite die ästige oder massige Kalksubstanz, welche durch die Thätigkeit der Riffkorallen organisch ausgeschieden wird, welche den Zusammenhalt, ja wir dürfen sagen, die Existenz des Riffs bedingt. Zwischen die, beim Weiterwachsen der Korallenstöcke entstehenden, Lücken wird ein Kalksand gefüllt, welcher durch Krebse und Raubfische, vielleicht auch durch Holothurien aus den Skeletten der kalkbildenden Foraminiferen, Echinodermen, Mollusken, Bryozoen, Brachiopoden &c. zubereitet wird.

Nun ist ja die Existenz und der Individuenreichtum der korallophilen Fauna, welche diesen Kalksand liefert, gebunden an die Existenz der Riffkorallen, allein die speziellen biologischen Bedingungen, welche auf einem Riff eine gröfsere Menge solcher Tiere erzeugen, können unabhängig sein von den Bedingungen, welche das Wachstum der Riffkorallen veranlassen und begünstigen; daher wird es uns nicht schwer, zu verstehen, dafs die korallophile Fauna auf einem Riff oder einem Riffteil reicher ist, als auf einem andern. Infolgedessen wird an der einen Stelle mehr Kalksand gebildet, als an einer andern; dort werden alle beim Weiterwachsen der Korallenstöcke gebildeten Lücken mit Kalksand ausgefüllt, hier bleiben gröfsere oder kleinere Lücken offen.

*Die Lücken und Höhlungen im lebenden Korallenriff sind nicht nachträgliche Auswaschungen im festen Korallenfelsen, sondern sie sind ursprüngliche Sedimentlücken im wachsenden Riff, welche nicht mit Kalksand ausgefüllt worden sind.*

Indem wir uns jetzt zur Betrachtung der subfossilen Korallenriffe wenden und die Höhlen in denselben besprechen, mufs ich gleich hervorheben, dafs ein Teil derselben wohl zweifellos eine Abrasionserscheinung ist. Es ist leicht begreiflich, dafs die Wellen die Wände eines Riffs, das dem Meere als subfossiles Gebilde entsteigt, in der intensivsten Weise anfressen und Höhlen erzeugen, wie sie an Steilküsten häufig beobachtet werden.

Soweit meine Erfahrungen über derartige Abrasionshöhlen reichen, habe ich meistens gefunden, dafs dieselben den Charakter einer nach innen sich verengenden Bucht zeigen. Auch die Grotta azzurra auf Capri, welche das Gegenteil zu beweisen scheint, hat unter Wasser eine weite gähnende Öffnung, durch die sie mit dem Meere kommuniziert.

Die Brandung greift den Füllsand zwischen den Korallenstöcken leichter an, als diese selbst, deshalb sahen wir den Weststrand der Insel Ramésvaram mit grofsen isolierten,

---

1) Dana, Corals and Coral Island, S. 111.
2) K. Semper, Die Palau-Inseln 1873, S. 152.
3) Rein, Bermudas; Verh. d. I. Geogr.-Tages, S. 34, Anmerkung.

turmähnlichen Poritesstöcken besetzt, deren verbindende Füllmasse durch die Wogen wieder entführt worden ist. Es werden also, selbst wenn solche Höhlen in fossilen Riffen durch die Brandung entstehen, nur die durch das Riffwachstum gebildeten Lücken, welche zum Teil mit Kalksand erfüllt waren, wieder ausgeräumt und die ursprüngliche Cavernosität des wachsenden Riffs wieder hergestellt.

Deshalb sagt Dana[1]): „Der gehobene Korallenkalkstein hat, obwohl im allgemeinen ein harter und kompakter Fels, zahlreiche Höhlungen. Sie mögen zum Teil offenen Stellen oder Regionen lockerer Struktur in oder zwischen den Schichten ihren Ursprung verdanken; in den meisten Fällen sind sie aber das Ergebnis der auf die Hebung folgenden Lösung und Erosion durch das Süfswasser des Landes oder die Wellen und Strömungen des Meeres."

In der Klippenwelt[2]) des Kokeal (bei Coröre) sieht man in tiefe düstere Höhlen und enge Löcher hinein, die offenbar weder dem Einsturz der Felsen, noch der Auswaschung durch das Meer ihren Ursprung verdanken, sondern die Überbleibsel von Kanälen und Höhlungen in den früher untermeerischen, nun gehobenen Riffen sind.

Indem wir auf unsre bisherigen Betrachtungen zurückblicken, kommen wir zu dem Schlufs, dafs das lebende Riff von vielen Höhlen nach allen Seiten durchzogen wird, welche entweder mit einander kommunizieren, oder isolierte Cavernen darstellen, dafs demzufolge auch ein Teil der Höhlen in subfossilen Riffen solche ursprüngliche Sedimentlücken sind, ein andrer Teil wieder ausgeräumte, aber auch präformierte Lücken zwischen den festern Korallenstöcken darstellt. Ob Brandung und Erosion in subfossilen Riffen Höhlen erzeugen, welche durch das Gefüge der Riffkorallen nicht präformiert sind, entzieht sich der Beobachtung und ist vorläufig noch nicht nachgewiesen.

Wenn solche Höhlen in subfossilen Riffen durch Erosion gebildet oder wesentlich vergröfsert würden, so müfste man in diesem Stadium beobachten können, dafs dieselben die Spuren solcher Vergröfserung zeigen. Dana berichtet vom Metia Reef[3]): „Tiefe Höhlen waren zu beobachten . . . sie enthalten plumpe Stalaktiten, welche zum Teil 6 Fufs Durchmesser besitzen. Es ist wahrscheinlich, dafs ausgedehntere Höhlen zu entdecken gewesen wären, wenn wir nicht nur wenige Stunden dem Suchen auf der Insel hätten widmen können. Rev. Williams durchwanderte eine Höhle 2 Stunden lang, ohne in deren Windungen einen Ausgang zu finden. Er kam durch Hallen mit schön modellierten Decken und Säulen von Stalaktiten und Stalagmiten, die in der Dunkelheit durch Fackelschein funkelnd beleuchtet wurden. . . .

Beechey spricht in seiner Beschreibung von Henderson Island von einem kompakten Gestein, das einem sekundären Kalk glich. . . . In dem Absturz der Küste sind zwei horizontale Linien, längs deren Grotten und Höhlen häufig sind, wodurch der Felsen den Anschein erhält, als ob er in drei nahezu gleiche Lager geteilt wäre.

Nelson[4]) berichtet: „In Long Cay und Rum Cay sind grofse Höhlen, und wahrscheinlich sind Höhlen in den Bahama-Inseln ebenso häufig wie auf den Bermudas'."

Krümmel[5]) erzählt von den letztern: „Der Höhlenreichtum ist charakteristisch für die Bermudas-Inseln; die Höhlen liegen meist unter Meer, enthalten Salzwasserteiche und Tropfsteingebilde. . . . Eine Höhle auf der Insel Somerset hat 1500 m Länge bei 25 m Höhe; viele sind nur vom Meere aus zugänglich. Sie geben Veranlassung zu Erdfällen und Einstürzen; viele Buchten sind so entstanden."

Aus diesen Berichten lernen wir, dafs die Höhlen in solch jungfossilen, kaum dem Meere entstiegenen Riffen mit Kalksinter ausgekleidet sind, ebenso wie die kleineren Lücken

---

1) Corals and Coral Reefs 1875, S. 310.
2) K. Semper, Die Palau-Inseln 1873, S. 275.
3) A. a. O., S. 158, 159.
4) Quat. Journ. Geol. Soc. 1853, S. 200.
5) Vortrag in der Geogr. Ges. zu Hamburg. Verh. d. Gesellsch. f. Erdkunde. Berlin, XVII, S. 493.

zwischen der Korallenbreccie beim Tempel von Ramésvaram, wir hören von Stalaktiten und Stalagmiten, 2 m im Durchmesser, welche in diese Höhlungen hineinragen.

Alle diese Tropfstein- und Sinterbildungen sind aber ein Beweis dafür, dafs diese jungen Höhlen verkleinert werden.

Wenn Dana a. a. O., S. 310 von Oahu erzählt: „Dort sind verschiedene langgewundene horizontale Hallen, deren einige unterirdischen Quellen den Ursprung geben, die an der Küste münden zwischen den Lagern des Felsens oder an den Höhlenmündungen. Diese rinnenden Wasser und andre Wasser, die von oben herabtropfen, sind offenbar die erodierenden Kräfte, welche die Höhlen gebildet haben", — so scheint mir dieser Nachsatz aus den Beobachtungen nicht notwendig hervorzugehen. Jede Höhle, in welcher Sinterbildung stattfindet, wird verkleinert, und die Existenz von fliefsendem Wasser in derselben beweist noch nicht, dafs dieses Wasser die Höhle vergröfsere oder auch nur jener Verkleinerung entgegenarbeite.

Guppy beschreibt Höhlen in der Florida-Insel (Salomongruppe) [1]), welche ebenfalls sehr lehrreich sind: „Wir stiegen in ein tiefes Thal hinab und verfolgten das Bett eines grofsen Stromes, welcher aus einer Höhle von beträchtlicher Ausdehnung am Abhang eines Hügels von Korallenkalk hervortrat. Der Eingang zu der Höhle ist etwa 60—70 Fufs hoch, eine Franse von grofsen Stalaktiten hing von der Decke herab. Kurz hinter der Mündung teilt sich die Höhle in zwei Arme von verschiedener Gröfse, durch den kleinern flofs der Strom; ... wir mufsten oft im Schlamm bis zu den Knien waden. Wir passierten eine Reihe luftiger, saalähnlicher Räume, in denen Stalaktiten und Stalagmiten von allen Gröfsen zu sehen waren. . . . Die Tiefe des Stromes war oft mehrere Fufs. . . . Wenige Schritte oberhalb des obern Eingangs dieser Höhle hatten zwei Ströme, die sich zum Hauptstrom vereinigten, ihren Weg gefunden."

So sehr diese Beobachtungen auch auf den ersten Blick für die Auswaschungstheorie zu sprechen scheinen, so wird man doch von ihrer Unhaltbarkeit überzeugt, wenn man sich einmal vorzustellen sucht, wie ein oberirdischer Flufs im stande sei, sich eine Höhle auszuwaschen, aus der er nach längerem Lauf wieder zu Tage tritt. Ich erkenne vielmehr aus vorstehender Beschreibung nur, dafs ein Flufs das unterirdische Höhlensystem als Bett benutzt, nicht dafs er es gebildet hat. Guppy beschreibt ferner, wie Schlamm, kristallinische Gesteinsblöcke, ja sogar Baumstämme in die Höhle hineingeschwemmt worden sind, dafs also der Flufs das Höhlenvolumen ebenso verkleinert, wie die Sintergebilde, welche von den Wänden der Höhle herabwachsen. Fliefst doch auch in jedem Bergwerk eine grofse Zahl von Wasserbächen, ohne dafs man aus der Existenz derselben einen Schlufs auf spezifische Erosionswirkungen ziehen könne.

Wir kommen also zur Feststellung folgender Thatsachen:

1) in dem lebenden Riff bilden sich weitausgedehnte Lücken, welche nie durch Kalksand erfüllt werden und als submarine Riffhöhlen persistieren;
2) in jungfossilen Riffen finden wir dieselben Höhlen wieder; dieselben liegen teilweise unter dem Meeresniveau und sind ausgekleidet mit mächtigen Sinterablagerungen — ein Beweis dafür, dafs sie seit dem Absterben des Riffes nicht vergröfsert, sondern verkleinert worden sind.

Der Schritt von dieser Erkenntnis zu der Beurteilung fossiler Höhlen in Kalkgebirgen des Festlandes ist kein grofser. Ich gebe zu, dafs nachträgliche Vergröfserung und Auswaschung in vielen Höhlen stattgefunden hat; ich habe mich im Frankenjura davon überzeugt, dafs ein Teil der Höhlen durch nachträgliche Erweiterung von Klüften und Spalten entstanden ist, aber ich habe auch die Überzeugung gewonnen, dafs andre der dortigen Höhlen sicherlich ursprüngliche Sedimentlücken sind, die später durch Sinterbildung wohl verkleinert, aber durch rinnendes Wasser nicht wesentlich vergröfsert werden konnten.

[1]) The Solomon Islands, S. 26 u. 28.

Schon im Jahre 1834 betonte Parandier[1]), dafs die Höhlen durch Wasser verkleinert, durch Sinterbildung verengt würden. Die Hypothese freilich, welche er zur Erklärung der Höhlen als ursprünglicher Lücken brachte, und wonach die Höhlen in Kalkgebirgen mit den Dampfporen in eruptiven Gesteinen verglichen wurden, konnte den Thatsachen nicht genügen. Später kam Becks[2]) auf das Höhlenproblem zu sprechen. Er stellte fest, dafs man zwischen Lagerhöhlen und Ganghöhlen unterscheiden müsse. Die Lagerhöhlen folgen dem Streichen der Schichten, die Ganghöhlen schneiden das Streichen. Dann fährt er fort: „Die Lagerhöhlen im Kohlenkalk Westfalens sind nicht durch Auswaschung mittels unterirdischer Flüsse — eine Erklärungsweise, die schwerlich für irgendeinen Ort passen dürfte —, nicht durch Wegführung im Wasser leicht löslicher Stoffe entstanden (wiewohl in den Flözformationen auf diesem Wege Höhlen gebildet werden mögen), sie sind vielmehr ein unmittelbares Ergebnis der Erhebung“.

Ich möchte auch diese Erklärungsart nicht für vollgültig halten, denn dann müfsten Höhlen in stark dislozierten Gebieten am häufigsten, in ungestörten Tafelländern am seltensten sein; aber ich möchte darauf hinweisen, dafs von Parandier wie von Becks die Erosionstheorie als nicht genügend befunden wurde, um das Phänomen der Höhlen in ungeschichteten Kalken zu erklären.

Sicherlich hat die Natur bei der Bildung von Höhlen sehr verschiedene Wege eingeschlagen, und ich möchte hier betonen, dafs unter diesen vielen Wegen der einfachste und kürzeste der war: eine Sedimentlücke ursprünglich zu bilden, dafs die lebenden Korallenriffe uns aber zeigen, wie solche ursprüngliche Sedimentlücken entstehen.

## VII. Geschichte der Adamsbrücke.

In dem Gebiet der Palkstrafse finden wir, örtlich mit einander verknüpft, drei Gruppen von Erscheinungen:

Zuerst sehen wir überall an den Küsten die Spuren einer negativen Strandverschiebung. Wie uns die Karte von Foote lehrt (die ich der kleinen Übersichtskarte zu Grunde gelegt habe), zieht sich ein vielfach unterbrochener Streifen subrezenter mariner Ablagerungen[3]) längs der ganzen Küste von Kap Comorin bis zur Palkstrafse. Zuerst finden wir solche bei Kothan-Ar und Hanamanadi 2—5 Fufs über dem Meeresspiegel; dann ein 50 Fufs mächtiges Kalksteinlager bei Kudung Kulam; eine Ablagerung bei Vizziapatti, bei Nambi-Ar, bei Yellava Odai 4—5 Fufs mächtig, bei Puliman Kulam, bei Tissian vilai &c. Im Madura-Distrikt beobachtete Foote bei Gund-Ar Sandsteine, 10—12 Fufs dick mit 30 marinen Konchylienarten, sodann die Klippen von Valimukkam, deren marine Natur nicht ganz zweifellos ist, und endlich die Sandsteinterrasse, welche, von Narripurpattanam beginnend, um den Ausläufer des indischen Küstenlandes bis Pillaimudum verfolgt werden kann. An diesen schliefsen sich die Klippen der Adamsbrücke und die fossile Riffmasse der Insel Ramésvaram an.

Wenden wir uns jetzt der gegenüberliegenden Küste von Ceylon zu, so berichtet das Segelhandbuch[4]): „Die Küste von Chilaw Point nördlich gehört zu Calpentyn Isl., welche sandig und niedrig ist, mit einem Grund von Korallen“. Dann S. 59: „Kodra Malai Point ist steil und felsig an der Nordseite“. Endlich lesen wir[5]) von der Halbinsel Jafnapatam: „Hier erstrecken sich Korallenfelsen über Hochwasserniveau quer über die Insel“.

Indem wir erkennen, dafs diese verschiedenen Ablagerungen an den verschiedensten

[1]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1834, S. 710, Referat.
[2]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1841, S. 160.
[3]) Mem. of the Geol. Surv. of India, XX. I, Kap. VII, S. 55.
[4]) West Coast of Hindostan Pilot, 1880, S. 58.
[5]) Bay of Bengal Pilot, 1887, S. 31.

Küstenpunkten unsres Gebiets auftreten, wird es uns wahrscheinlich, dafs eine allgemeine Ursache diese Verschiebung der Strandlinie veranlafst habe.

Als zweites Phänomen des behandelten Meeresgebiets und ebenso weitverbreitet, wie die negative Strandverschiebung, finden wir lebende Korallenriffe. Eine Reihe von Koralleninseln begleitet die indische Küste, läfst sich noch auf die Nordseite der Landzunge von Toniturei verfolgen und findet im Gebiet der eigentlichen Palkstrafse ihre geradlinige Fortsetzung in den isolierten Inseln Catche Tivo, Nedoen Tivo und den ausgedehnten Riffen an der Nordküste von Ceylon, wo sie bis Point Pedro reicht.

Ein andrer Zug von Korallenriffen beginnt nördlich von Dutsch Bay auf der Westküste von Ceylon und findet nördlich von Manaar seine Fortsetzung, um sich dem vorbergenannten Riffzug anzuschliefsen. Ein Teil dieser Riffe gehört unter jene Bildungen, welche die englischen Seekarten und Segelhandbücher als „Coral patches" bezeichnen, rasenförmige Korallenkolonien auf einem annähernd ebenen Meeresboden; aber die Mehrzahl derselben sind echte Korallenriffe, welche ganz den in einem frühern Kapitel behandelten Charakteren entsprechen: Mit steiler Böschung erheben sie sich als isolierte Kalklager inmitten eines ebenen, mit Mineralsand oder Schlamm bedeckten Meeresbodens; und wenn das ganze Gebiet fossil würde, so würden sie auf einem Profil als Kalklinsen inmitten sandiger Mergel erscheinen. Die Nordhälfte von Ramésvaram besitzt sogar noch den Rest einer Atoll-Lagune, und ebenso wird die Mitte von Nedoen Tivo durch einen See eingenommen, so dafs wir hier von Atollen reden können.

Seitdem Darwin die Theorie aufgestellt hat, dafs Riffbildung und Senkung des Meeresbodens in einem ursächlichen Zusammenhang stehen müssen, ist das Problem viel diskutiert worden, ob ein solcher Zusammenhang nachweisbar sei, und nach der neuerdings am meisten vertretenen Ansicht soll gerade das Gegenteil der Fall sein und Riffbildung mit Hebung zusammenhängen.

Es wäre nützlich, wenn bei diesen Diskussionen die Worte Senkung und Hebung vermieden würden, denn sie enthalten ein spekulatives Element, das die Klarheit der Erörterung zu stören geeignet ist. Das, worauf es ankommt, ist: die Veränderug des Abstandes zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche. Eine Verkleinerung bzw. Vergröfserung dieses Abstandes kann durch sehr verschiedene Ursachen bedingt sein, unter denen Hebung bzw. Senkung nur einen Fall darstellen. Die Aufschüttung eines Vulkans oder einer Sedimentbank am Meeresgrund hat andre Ursachen, als eine zentripetale Verschiebung des Meeresspiegels, aber beide Erscheinungen stimmen darin überein, dafs sie den Abstand zwischen Meeresoberfläche und Meeresboden verkleinern.

In unserm Fall haben wir nun auch Korallenriffe und eine negative Strandverschiebung, und unsre erste Aufgabe soll es sein, zu untersuchen, ob beide Erscheinungen kausal zusammenhängen. Da die Mehrzahl der vorkommenden Korallenriffe mit ihrer Oberfläche dem Meeresspiegel nahe liegen, so mufs eine Verkürzung der Wassersäule eine Trockenlegung der Korallen bedingen. Obwohl wir beobachten konnten, dafs gewisse Korallengattungen ohne sichtlichen Schaden mehrere Centimeter bei Ebbe aus dem Wasser hervorragen können, dafs andre Korallenstöcke abgestorben waren, ohne dafs sie bei Ebbe entblöfst wurden, so ist es doch zweifellos, dafs eine länger andauernde Trockenlegung das Riffwachstum unterbricht. Das abgestorbene Riff an der Nordküste von Ramésvaram, das entsprechende fossile Riff bei Jafnapatam sind also zweifellos durch die negative Strandverschiebung fossil geworden, aber ein ursächlicher Zusammenhang zwischen beiden obengenannten Erscheinungen existiert nicht. Und mit Recht haben Semper, Rein, Murray, Guppy darauf hingewiesen, dafs die von Darwin angenommene „Senkung" nicht eine notwendige Voraussetzung der Riffbildung sei, dafs im besondern die kreisförmige Form der Atolle einen biologischen oder chemischen Grund hat.

Aber, wenn ich Darwin recht verstehe, legte er seiner Rifftheorie mehr das vertikale Profil eines Korallenriffs, als die horizontale Projektion desselben auf die Meeresfläche, zu Grunde.

Nach Basset-Smith[1]) werden auf der Macclesfjeld-Bank in der Chinasee 15 Gattungen von Korallen in 21—44 Faden Tiefe gefunden; unterhalb dieser Zone, also von ungefähr 80 m ab, leben keine Riffkorallen.

Darwin nahm an, dafs es Riffkalke gibt, welche mächtiger als diese 80 m sind. Er fufste in dieser Annahme aber mehr auf theoretischen Erwägungen, als auf direkten Beobachtungen. Am Ende des 2. Kapitels[2]), S. 48 seines Werkes wird aus dem submarinen Böschungswinkel der Riffe dieser Schlufs auf die Barriereriffe angewandt.

Der oben angeführte Satz Darwins von der Mächtigkeit fossiler und lebender Riffe ist zuerst und wiederholt in Zweifel gezogen worden. In einer Reihe von Schriften, welche sich gegen Darwin wenden, wird betont, dafs kein fossiles Riff bekannt sei, welches mächtiger ist als die Zone, innerhalb deren Riffkorallen leben.

Demgegenüber möchte ich darauf aufmerksam machen, dafs A. Agassiz[3]) solche mächtige Korallenkalke von den Hawaiischen Inseln beschreibt, fufsend auf Bohrungen, welche dort angestellt worden sind: „Auf Waimea (Oahu) wurden 900 Fufs durch harten, klingenden Korallenkalk gebohrt, dann traf man auf Sand und Lava.

„Nahe bei der Pearl River-Lagune, an der Strafse, die über das Korallenkalkplateau führt, südöstlich von Pearl Lochs, sank eine Brunnenbohrung durch 300—400 Fufs Korallenfelsen."

„Der Brunnen von Mr. James Campbell hat 505 Fufs harten Korallenfelsens, der von Mr. Wards 180 Fufs von hartem Korallengestein durchsunken."

Diese Angaben von A. Agassiz beweisen also, dafs die Annahme Darwins und Danas von der Mächtigkeit mancher Korallenkalke richtig ist. Es liefsen sich noch andre geologische Beweise bringen, aber ich glaube, dafs vorstehende Citate einwurfsfrei genug sind.

Das erste Problem, welches sich also Darwin vorlegte, war: Wie können Korallenkalke entstehen, die mächtiger sind als die Tiefe beträgt, innerhalb deren Riffkorallen wachsen? Die Antwort, welche Darwin hierauf gab, hat einen einzigen Fehler: sie enthält Worte, welche mehr sagen, als Darwin verantworten konnte.

Darwin lebte zu einer Zeit, wo man unbedenklich aus einer negativen Strandlinie an der Küste auf eine Hebung des Strandes und des benachbarten Meeresbodens und umgekehrt schliefsen durfte. Und demgemäfs gab er die Antwort: Mächtige Korallenriffe können nur durch Senkung entstehen. Die Senkung war eine hypothetische Annahme, gegen welche man noch vor 20 Jahren kein Bedenken hatte. Heutzutage sind wir durch Suefs belehrt, dafs man aus den Spuren einer Strandverschiebung noch keinen Schlufs ziehen darf auf Bewegungen der festen Erdrinde. Ich glaube, es ist ungerecht, die Darwinsche Theorie nach der Formel zu beurteilen, nach dem veralteten Gewand, in welchem sie uns überliefert ist. Und wenn ich versuchen wollte, Darwins Grundgedanken seiner Form zu entkleiden und ihn mit möglichst unzweideutigen Worten wiederzugeben, so würde ich sagen: „Mächtige Korallenriffe, d. h. solche, welche dicker sind als die Zone, innerhalb deren Riffkorallen gedeihen, können nur dann entstehen, wenn sich der Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche vergröfsert."

So würde, meines Erachtens, Darwin geschrieben haben, wenn er heute seine Theorie formulierte, und ich wüfste nicht, welchen Einwurf man dagegen erheben könnte.

Das Wachstum eines Riffs ist der Bewegung des Gletschereises zu vergleichen, während der Einflufs des Wasserstandes auf die Gröfse des Riffs in dem Vorschreiten oder

[1]) Nature 1890, S. 222.
[2]) Ich citiere nach Ch. Darwins »Gesammelte Werke«, Lieferung 39, 40, 41. Stuttgart 1876.
[3]) Bull. Mus. Comp. Anatomie Cambridge, 1889, Bd. XVII, Nr. 3, S. 152.

Zurückweichen der Gletscherfront sein Analogon findet. Mag sich der Gletscher an seiner Spitze zurückziehen, deshalb fliefst das Eis doch nach wie vor thalabwärts; wenn sich die Wassersäule verlängert, so wächst das Riff in die Dicke, verkürzt sich aber der Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche, so findet nur ein seitliches Flächenwachstum des Riffs statt. So modifiziert der Wasserstand die Art des Wachstums, aber ein grundlegender Faktor ist er nicht.

Doch kehren wir jetzt zu unserm Gebiete zurück und fassen wir unser Urteil über die angeregte Frage zusammen, so kommen wir zu dem Schlufs: Die negative Strandverschiebung in dem Gebiet der Palkstrafse hat eine Anzahl Korallenriffe entblöfst und fossil gemacht, aber das Wachstum der Riffe ist von einer solchen Verkürzung der Wassersäule nicht wesentlich beeinflufst.

Endlich haben wir noch eine dritte Erscheinung in unserm Gebiet: die Bildung einer Sandbank von Indien nach Ceylon.

Wenn wir die rein topographischen Verhältnisse in Rücksicht ziehen, d. h. wenn wir uns einmal vorstellen, dafs die ganze Palkstrafse trockengelegt wäre, so würden wir eine Sandbank sehen, welche etwa 120 km lang und an ihrer Basis etwa 6—8 km breit ist. Auf dieser 6—8 km breiten Basis erhebt sich die Sandbank zu wechselnder Höhe und erscheint deshalb im Niveau der Meeresfläche als eine sehr wechselnde Bildung. Aber wenn wir die Form des Meeresbodens im Zusammenhang mit den über Wasser befindlichen Teilen betrachten, so wird die Einheit derselben evident. Dann vereinigen sich die Klippen der Paumbenstrafse mit dem Festland von Indien und der Insel Ramésvaram, der lange Dünenfortsatz dieser Insel hört dann nicht mehr bei Thani Kodi auf, sondern er verläuft ununterbrochen weiter bis zur Insel Manaar und von dieser hinüber nach Ceylon. Wir erkennen dann auch, dafs der nördliche Teil der Insel Ramésvaram eine gesonderte Koralleninsel ist, welche, gleichsam nur zufällig, mit der langgestreckten Sandinsel verbunden ist; dafs diese Verbindung vielleicht ebenso gut mit Shingle Island oder Kurrysuddy bestehen könnte. Das „zufällige“ Niveau des heutigen Meeresstandes in der Palkstrafse läfst zwischen Point Tonitureí und Paumben ebenso wie zwischen Thani Kodi und Manaar nur kleine isolierte Klippen über das Wasser hervortreten, aber wenn der Meeresstand zufällig 1 m höher wäre, so würden diese Klippen ebenso verschwinden, wie manche Teile der benachbarten Küsten, oder wenn zufällig das Meeresniveau 1 m tiefer rückte, so würde man fast trockenen Fufses von Indien nach Ceylon wandern können.

Die Adamsbrücke ist also mit andern Worten nicht bedingt durch einen bestimmten Stand des Meeres, sondern sie ist eine auf dem ziemlich ebenen Grund des Meeres aufgeschüttete Sandbank, die sich aus einer Wassertiefe von 8 m erhebt, hier kaum den Meeresspiegel erreicht, dort im Niveau des Meeres sich erhebt, oder an andern Stellen als 15 m hohe Dünenkette aus dem Meer emporsteigt.

Das diese Sandbank bildende Material ist wesentlich Quarzsand, der bald locker aufeinander liegt, bald durch ein kalkiges Bindemittel cementiert wird.

Bekanntlich wird der Indische Ozean in seinen Strömungserscheinungen hauptsächlich beeinflufst durch die Monsune. Während der Monate Oktober bis Mai weht der Nordost-Monsun, während des europäischen Sommers der Südwest-Monsun. Die[1]) Strömungen an der Westküste von Hindustan scheinen vollkommen von den Monsunen bedingt zu sein. Während des Nordost-Monsuns ist eine Strömung nach Südwesten durch die Adamsbrücke in den Golf von Manaar. Auf der andern Seite setzt während des Südwest-Monsuns die Strömung in den Golf von Manaar und nordwärts durch die Palkstrafse.

Es wird also während eines grofsen Teils des Jahres bald von Süden, bald von Norden

[1]) West Coast of Hindustan Pilote, 1880, S. 6.

eine gewaltige Wassermenge in die Palkstrafse hineingezwängt. Bei der geringen Tiefe der zuführenden Meeresteile ist es begreiflich, dafs die Wellen bis zum Meeresgrund das Wasser in Bewegung setzen und dafs Sedimente des Meeresbodens durch die konstanten Strömungen bald von Nord, bald von Süd nach dem Engpafs der Palkstrafse weitertransportiert werden. Südindien ist zudem in einem grofsen Teil seines westlichen Küstenlandes mit Flugsandablagerungen bedeckt, und ungeheure Sandwolken werden während des Südwest-Monsuns dem Meere zugetrieben. Foote[1]) beschreibt: „Gelegentlich eines Besuchs in Kutlam 1869 beobachtete ich verschiedene Male, dafs der östliche Horizont in Flammen zu sein schien, so lebhaft glänzte das Abendsonnenlicht auf den grofsen roten Staubwolken, welche vor dem Südwest-Monsun hertrieben. Enorme Flammenzungen flackerten in die Luft empor, während die nicht beleuchteten Teile der Staubwolken Rauchnebel zu sein schienen. Diese roten Sand- und Staubwolken sind offenbar die Quelle der roten Dünenzüge, welche längs der Küste von Ramnad ziehen, von Melmandai nach Muttupetta." Ich hatte aus dieser Schilderung geschlossen, dafs nach Footes Annahme dieser rote „dust" sich mit dem Sand der Küstendünen mische und so den Terisand erzeuge. Allein in einer Anmerkung zu meinem in den Mem. of the Geol. Surv. of India in englischer Übersetzung wiedergegebenen Aufsatz aus den Verh. der Ges. für Erdkunde, Berlin 1889, spricht sich Mr. Foote näher dahin aus, dafs er die Terimasse als einen lateritisch gefärbten Sand betrachte, der aus den südindischen Gebirgen nach der Küste geweht wurde.

Solcher Sand wird natürlich auch bis ins Meer getragen und durch die Strömung weitertransportiert, und so darf es uns nicht wunder nehmen, wenn nach jedem Monsun die Beschaffenheit der Sandbänke in der Palkstrafse wechselt. Hierüber berichtet Major Sim a. a. O., S. 8:

„Während beider Monsune sind auf der Leeseite von der Bank in einer Entfernung von $^{1}/_{2}$—1 mile eine grofse Zahl von unregelmäfsig sich verändernden Sandbänken verstreut, über denen 2—4 Fufs Wasser steht, mit Kanälen von 8 oder 9 Fufs Tiefe dazwischen. Hingegen ist die Wetterseite, besonders gegen Ende der Monsune, frei von solchen Bänken, und die Brandung bricht sich an deren Rand in einer nahezu geraden Linie. Wenn die Monsune wechseln, ändert sich die Kraft und Richtung der Strömungen ebenfalls, und der lockere Sand, aus dem diese veränderlichen Bänke bestehen, wird durch die Wogen aufgewühlt, von der Strömung durch die Kanäle geschwemmt und auf der entgegengesetzten Seite abgelagert, teilweise an den Sandbänken, teilweise an den abgetrennten Untiefen längs der Bank. Diese Ablagerungen scheinen auch dadurch vergröfsert zu werden, dafs der auf der Wetterseite durch die Brandung aufgehäufte Sand, sobald er trocken geworden ist, durch den Wind über die Bank in die See auf der andern Seite getrieben wird. Man beobachtete, dafs, wenn der Wind ziemlich heftig war, ein ununterbrochener Sandstrom über die Bank geschwemmt wurde in die See auf der Leeseite."

„Somit ist das Gestade der Adamsbrücke auf eine beiderseitige Entfernung von etwa 1 mile in steter Veränderung und Bewegung . . . ."

„Auf der Wetterseite ist es gewöhnlich klar, mit Ausnahme gegenüber den Kanälen, wo stets vordringende Sandbänke sind, während an der gegenüberliegenden Seite viele lockere Sandhügel verstreut sind, welche ununterbrochen sich verändern und wechseln in Form und Lage, je nachdem der Monsun vorschreitet und in Übereinstimmung mit dem Zustand des Meeres und des Wetters . . . ."

„Während beider Monsune bricht sich eine besonders hohe Brandung an der Wetterseite, aber der Südwest-Monsun erzeugt die höchste Brandung, begleitet von besonders heftigen Wellen. Während eines Teils des Nordost-Monsuns bricht sich die Brandung an beiden Seiten der Bank."

[1]) A. a. O., S. 86.

Wir sehen also erstens, dafs grofse Mengen Sandes während des Südwest-Monsuns ins Meer getrieben werden, dafs zu gleicher Zeit durch eine nach Norden gerichtete Strömung grofse Wassermassen in die Palkstrafse hineingetrieben werden. Bei der geringen Tiefe des betreffenden Meeres wird es verständlich, dafs diese Strömung auch den sandigen Meeresboden aufwühlt und das Sediment nordwärts transportiert. An der Landzunge von Point Tonitureï und von Manaar bricht sich die Strömung zuerst, und ein Teil des mitgebrachten Sandes häuft sich daselbst an.

Während des Nordost-Monsuns vollzieht sich derselbe Vorgang im Norden der Palkstrafse, und es werden die von der Strömung mitgerissenen Sedimente des Meeresgrundes da abgelagert, wo sich die Strafse zwischen Indien und Ceylon verengt und zugleich der Meeresboden seicht wird. So baut sich von Mai bis September die Sandbank zwischen Tonitureï und Manaar und von Oktober bis April die Untiefe von Point Calymene nach Point Pedro.

Dafs die südliche der beiden Sandbänke breiter und höher wird als die letztgenannte, ist leicht verständlich, denn der SW-Monsum hat einen Teil Südindiens bestrichen, ehe er nach der Palkstrafse kommt, und hat dabei Gelegenheit, immer neue Sandmassen ins Meer zu wehen. Aufserdem kommt bekanntlich der SW-Monsun mit viel stürmischeren Wellen, als der ruhige NO-Monsun, und kann daher den Meeresboden in viel gröfsern Tiefen aufregen und seine Sandmassen vorwärtstreiben. Alles das vereinigt sich, um zu bewirken, dafs die Sandbank der Adamsbrücke viel mächtiger ist, als ihr Gegenbild im Norden der Palkstrafse.

So wurde wohl jahrhundertelang an den beiden Sandbänken von den Monsunströmungen gebaut. Während die nördliche Bank kaum den Meeresspiegel erreichte, stieg die südliche über denselben empor, und vielleicht bestand einmal ein grofser Teil der Adamsbrücke aus ebenso hohen Sanddünen, wie die 28 km lange Dünenkette von Ramésvaram. Schon wurden die Sande verkittet zu einem lockern Sandstein, als durch einen Cyklon oder durch lokale Ablenkung der Meeresströmungen diese Dünenkette oder Sandbank zerbrochen wurde. Major Sim erzählt a. a. O., S. 19:

„Im Jahre 1814, während eines sehr heftigen Sturmes, brach das Meer an verschiedenen Stellen ins Land hinein und schnitt etwa 2 Meilen von Point Ramen einen vollkommenen Kanal hindurch. Ein Felsenriff an der Südküste wurde zerstört und fortgeschwemmt und ein Loch gegraben, 7 oder 8 Fufs unter dem Seespiegel auf eine Erstreckuog von 200 Ellen, von dessen Ende bis zur Nordküste das Bett des Kanals 3 oder 4 Fufs über dem Meeresspiegel liegt.“

Durch einen ähnlichen Zufall wurde in vorgeschichtlicher Zeit die halbverfestigte Sandbank zerrissen und ihre Bruchstücke durch die Wogen abgerollt. Es sind das die grofsen Sandsteingerölle, welche wir als integrierenden Bestandteil der Adamsbrücke auf Profil 2 kennen lernten. Nach der stürmischen Zeit der Zerstörung der Sandbank begann wieder eine Periode ruhiger Bauthätigkeit. Wieder brachten die Monsune Sandmassen heran, wieder wurden dieselben angehäuft, sie füllten die Zwischenräume zwischen deu Bruchstücken, sie wuchsen zu einer immer höher werdenden Sandbrücke heran, und wiederum traten sie als Nehrung aus dem Meere hervor. So war die Sandbank eine feste Brücke geworden, welche von Indien bis Thani Kodi ununterbrochen reichte, auf der die Pilger wallfahrteten, auf der alljährlich der grofse Götzenwagen nach Indien hinüber und nach Ramésvaram zurückgezogen werden konnte. Da, im Jahre 1480 unter der Regierung des Rajah Achoodapah Naig, brach ein heftiger Sturm eine Lücke in die Landverbindung, ein zweiter Sturm erweiterte die Lücke; trotz aller Versuche, die Bresche auszufüllen, erweiterte sie sich von Jahr zu Jahr, und bis zum heutigen Tage hält die Zerstörung an.

Die soeben in ihren hauptsächlichsten Zügen geschilderten Phasen der Bildung und Zerstörung, des Wiederaufbaues und der Wiederzerstörung der Adamsbrücke sind aber ein

Phänomen, das sich ausschliefslich in den oberflächlichen Sedimenten der litoralen Zone abspielt. Es handelt sich um die lokale Anhäufung von Sand in Gestalt einer langen Sandbank und um nachträgliche Formveränderungen dieser lokalen Sedimentanhäufung.

Die Bildung von Korallenriffen ist ohne Einflufs auf diese Vorgänge gewesen, trotz der lokalen Verknüpfung beider Erscheinungen. Wie zufällig scheint das fossile Riff der Nordhälfte von Ramésvaram an die südliche Dünenkette angelagert, im übrigen scheinen die Korallen die Nähe der Sandbank ängstlich zu meiden und nur gelegentlich einzelne Stöcke in den Sandstein eingefügt worden zu sein. Auch die Untiefe von Point Calymene nach Point Pedro zeigt nirgends Korallenansiedelungen.

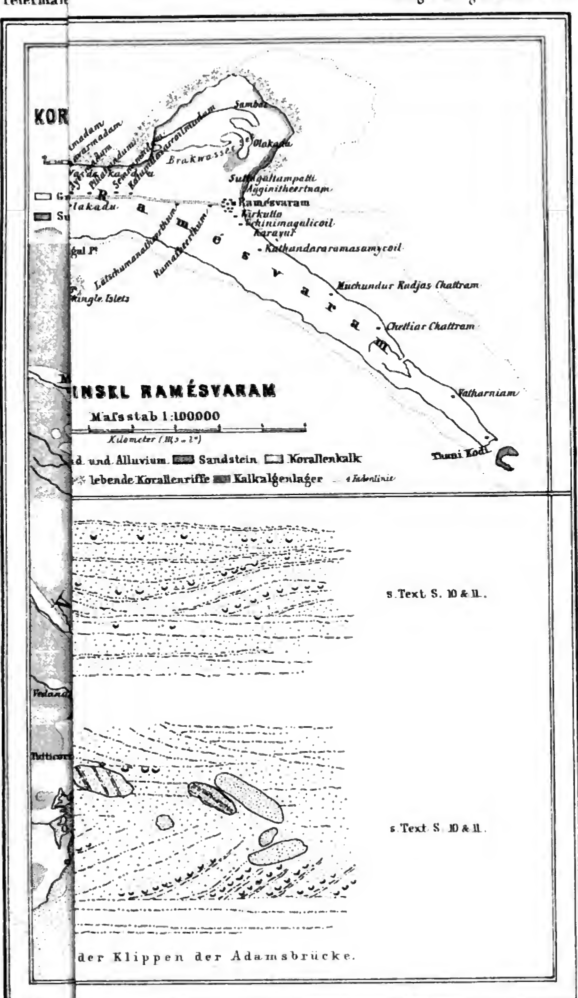
Aber ebenso entschieden müssen wir die Ansicht zurückweisen, dafs das ganze Phänomen durch eine blofse Veränderung des Meeresspiegels bedingt sei. Denn wenn auch das Meeresniveau um 20 m stiege, so würde immer noch zwischen Point Tonitureі und Manaar eine Sandbank existieren, deren Sediment sich scharf unterscheidet von dem Schlammboden der innern Palkstrafse.

Zweifellos würde ja eine jetzt eintretende negative Strandverschiebung von —5 m die ganze Adamsbrücke (mit Ausnahme der schmalen obengenannten Kanäle) landfest machen, aber diese Strandverschiebung würde immer nur eine schon präexistierende Sandbank herausheben. Und wenn wir bedenken, dafs mehr als die Hälfte der Adamsbrücke auch gegenwärtig landfest ist (Tonitureі, Ramésvaram und Manaar), so fällt es uns nicht schwer, anzunehmen, dafs ebenso auch die übrige Strecke einmal vorübergehend landfest war, um von dem ersten heftigern Sturm wieder durchbrochen zu werden. Dieser Vorgang beruhte in der blofsen lokalen Anhäufung von Sand am Meeresboden und konnte sich bei stabilem Meeresstand unzweifelhaft vollziehen, er war nicht abhängig von einer Bewegung der Strandlinie. Wenn wir die oben beschriebenen Profile der Adamsbrücke im Auge behalten, dann wissen wir, wie tumultuarisch es bei der Bildung der Sandbank am Meeresboden vor sich gegangen ist, und wie wechselvoll das Bild war, welches derselbe dargeboten haben mufs. Wenn wir uns der Wirkung erinnern, welche die Monsune auf die hydrographischen Verhältnisse des Golfs von Manaar haben, dann fällt es leicht, uns vorzustellen, warum und wie sich eine solche Sandbank bilden konnte; und wenn wir daran denken, dafs am Nordeingang der Palkstrafse eine ganz ähnliche Sandbank existiert, dann erkennen wir das Gesetzmäfsige dieses Auftretens.

Wir kommen also zu dem Schlufs, dafs die negative Strandverschiebung, die Bildung der Korallenriffe und die Aufschüttung der Adamsbrücke zwar örtlich eng mit einander verknüpft sind, dafs sich aber keinerlei ursächlicher Zusammenhang zwischen diesen drei Erscheinungen nachweisen läfst. Das erste ist ein hydrostatisches, das zweite ein biologisches, das letztere ein mechanisches Problem des Transports klastischer Sedimente, und wenn auch eins das andre in seiner Wirkung zu verändern vermochte, so sind es doch ganz getrennte Erscheinungsgruppen. Und was im besondern die Bildung der Adamsbrücke anlangt, so läfst sich dieselbe in einfacher Weise durch die Strömungsverhältnisse des Indischen Ozeans und den Einflufs derselben auf die oberflächlichen Sedimente des Meeresbodens erklären. Die Erzählung der indischen Sage erscheint uns nicht als ein frommes Märchen ohne thatsächliche Grundlage, sondern wir erkennen, dafs die Adamsbrücke sogar eine viel längere Geschichte gehabt hat, dafs sie nicht einmal, sondern wiederholt existierte. Aber ihr Erscheinen und Verschwinden ist nicht ein passives Auftauchen über und Untersinken unter den Meeresspiegel, sondern ein Anhäufen und Wegführen litoraler Sedimente.

---

Druck der Engelhard-Reyherschen Hofbuchdruckerei in Gotha.


KOR
INSEL RAMÉSVARAM
Mafsstab 1:100000
Kilometer
Sambei
Olakadu
Brakwasser
Sullagaltampatti
Agginitheertnam
Ramésvaram
Kirkulto
Chinimagalicoil
Karayur
Kathandararamasamycoil
Muchundur Rudjas Chattram
Chettiar Chattram
Vatharniam
Thuni Kodi
Lätschumanatheerthum
Ramatheerthum
Ringle Islets
R a m é s v a r a m
d. und Alluvium
Sandstein
Korallenkalk
lebende Korallenriffe
Kalkalgenlager
s. Text S. 10 & 11.
s. Text S. 10 & 11.
Vedand
der Klippen der Adamsbrücke.



